Studien über norwegische Torfmoore.

Von

Jens Holmboe

Kristiania.

Mit 16 Figuren im Text.

In einer neulich veröffentlichten Arbeit habe ich die Ergebnisse meiner Untersuchungen über norwegische Torfmoore ausführlich beschrieben[1]. Da die genannte Abhandlung norwegisch geschrieben und deshalb nicht-skandinavischen Forschern wenig zugänglich ist, werde ich im Folgenden eine deutsche Bearbeitung ihrer allgemeinen Abschnitte mitteilen. Hinsichtlich vieler dort näher erörterten Einzelheiten erlaube ich mir auf die Originalabhandlung zu verweisen. Dort sind zugleich die wichtigsten fossilen Pflanzenreste auf fünf Tafeln abgebildet.

Die Untersuchungen wurden in den Jahren 1899—1902 mit Unterstützung der Universität zu Kristiania vorgenommen. Ihre Hauptaufgabe war, möglichst viele von den in den Mooren aufbewahrten Pflanzenresten zu bestimmen und ihr geologisches Alter festzustellen. Nur durch ein solches Verfahren dürfte es nämlich möglich sein, objektive Anhaltspunkte für die Einwanderungsfolge der wichtigsten Florenelemente zu gewinnen. Um zuverlässige Altersbestimmungen zu erreichen, wurde es notwendig, zugleich die Niveauschwankungen des Landes und die Stratigraphie der Moore zu studieren, die in besonderen Abschnitten in kurzer Übersicht behandelt werden.

Das Arbeitsfeld, mit dem sich die Abhandlung beschäftigt, ist sehr ausgedehnt. Hier wird nur ein erster Beitrag zur Lösung der sich darbietenden zahlreichen Fragen mitgeteilt, und außerordentlich viel muß der künftigen Forschung überlassen werden.

Die Untersuchungen sind im wesentlichen nach der von A. G. NATHORST

1) Planterester i norske torvmyrer. (Videnskabsselskabets Skrifter. I. Mathem.-naturv. Klasse. No. 2. Kristiania 1903.)

und Gunnar Andersson beschriebenen Arbeitsmethode ausgeführt[1]), die ich während eines Aufenthaltes in Stockholm Januar—Februar 1900 unter Leitung von Dr. Andersson Gelegenheit zu studieren hatte. Überall ist die Schichtenfolge der Moore durch Grabungen untersucht worden. Wenn man die zum Schlämmen bestimmten Proben mit einem Torfbohrer nimmt, kann man nie sicher sein, daß nicht eine Beimischung von den überliegenden Schichten stattgefunden habe. In großer Ausdehnung habe ich mit einem groben Siebe vorläufige Schlämmungen im Freien vorgenommen; das Feinschlämmen der mitgebrachten Proben (ca. 1 dm^3) wurde stets im Laboratorium nach Aufweichen in 10—15 % Salpetersäure ausgeführt.

Die norwegischen Torfmoore sind bisher sehr wenig Gegenstand paläontologischer Forschung gewesen. Die bekannten Untersuchungen Axel Blytts beschäftigten sich fast ausschließlich mit der Stratigraphie der Moore. Blytt selbst nennt aus Torfmooren nur 14 (aus Kalktuffen 24) auf die Art bestimmte Gefäßpflanzen sowie ein paar Moosarten. Andere zerstreute Beiträge verdanken wir G. E. Stangeland (26 Gefäßpflanzen), dessen Untersuchungen hauptsächlich ein praktisches Ziel hatten, Adolf Dal, E. Ryan (15 Moosarten) und einigen anderen zum Teil norwegischen, zum Teil schwedischen Forschern.

1. Altersbestimmung im Verhältnis zu den Niveauschwankungen des Landes.

Unter den verschiedenen in Vorschlag gebrachten Methoden zur Bestimmung des geologischen Alters der in den Torfmooren aufbewahrten Pflanzenreste läßt keine der subjektiven Schätzung weniger Platz übrig als diejenige, nach welcher man die Pflanzenreste auf eine bestimmte Stufe in den Niveauschwankungen des Landes bezieht. Pflanzenreste, die in den marinen Bodenschichten der Moore oder in anderen marinen Ablagerungen oberhalb der Meeresoberfläche gefunden sind, stammen, wenn die ursprüngliche Schichtenfolge ungestört ist, aus einer Periode, während welcher sich das Meer noch nicht aus dem gegenwärtigen Moorbecken zurückgezogen hatte. Daß es für die Geschichte der Vegetation von größter Wichtigkeit ist, die marinen Bildungen zu untersuchen, scheint zum ersten Male R. Sernander (1889) mit voller Klarheit hervorgehoben zu haben. Bei den späteren Untersuchungen über die skandinavischen Torfmoore ist durch dieses Verfahren große objektive Festigkeit in die Zeitbestimmungen eingeführt worden.

Es ist seit langem wohl bekannt, daß eine bedeutende Hebung der

1) Vergl. die vorzügliche Darstellung des letztgenannten Verfassers: Om metoden för växtpaleontologiska undersökningar af svenska torfmossar. (Geolog. Fören. Förh. Bd. 14. Stockholm 1894.)

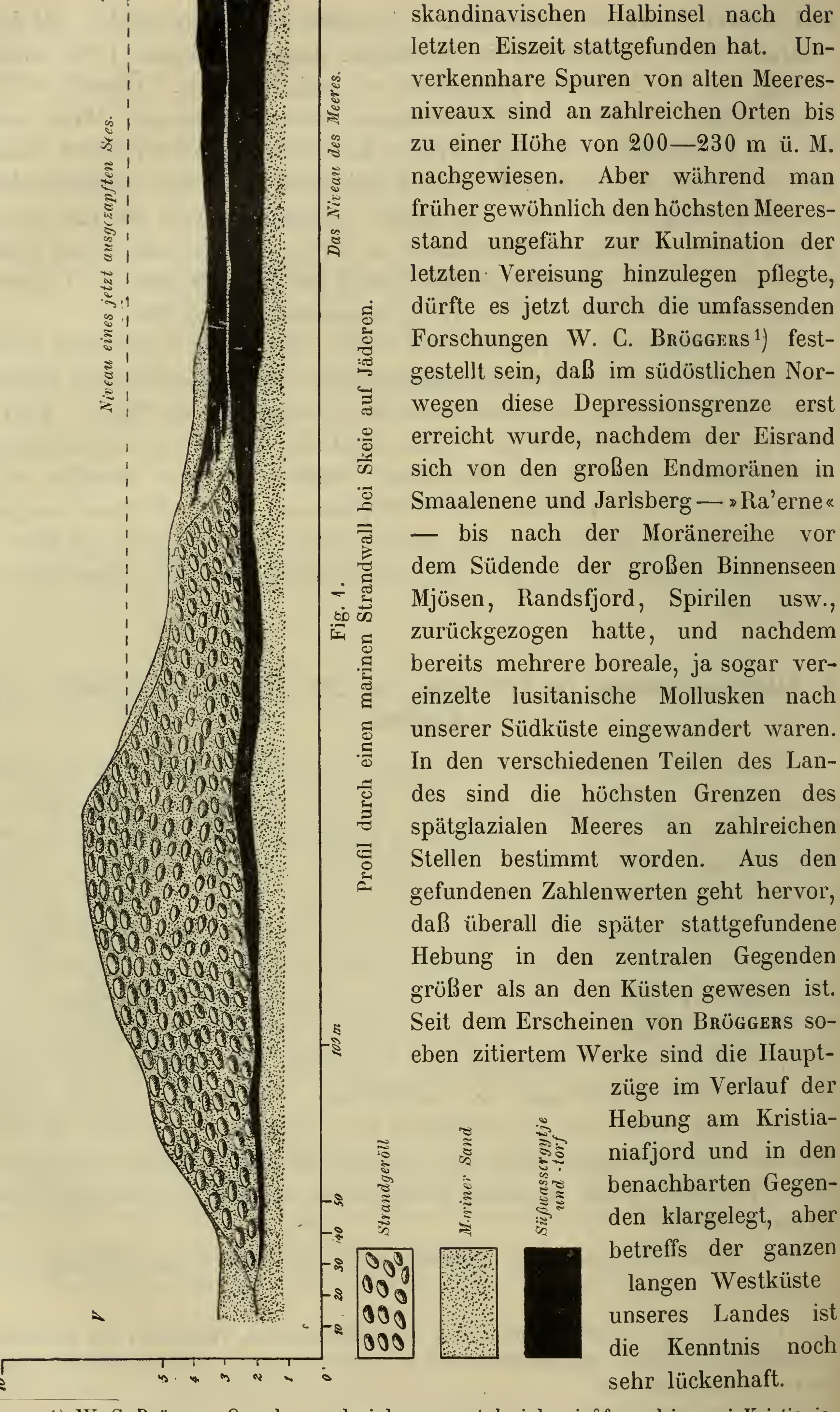


Fig. 1. Profil durch einen marinen Strandwall bei Skeie auf Jäderen.

skandinavischen Halbinsel nach der letzten Eiszeit stattgefunden hat. Unverkennhare Spuren von alten Meeresniveaux sind an zahlreichen Orten bis zu einer Höhe von 200—230 m ü. M. nachgewiesen. Aber während man früher gewöhnlich den höchsten Meeresstand ungefähr zur Kulmination der letzten Vereisung hinzulegen pflegte, dürfte es jetzt durch die umfassenden Forschungen W. C. Bröggers[1]) festgestellt sein, daß im südöstlichen Norwegen diese Depressionsgrenze erst erreicht wurde, nachdem der Eisrand sich von den großen Endmoränen in Smaalenene und Jarlsberg — »Ra'erne« — bis nach der Moränereihe vor dem Südende der großen Binnenseen Mjösen, Randsfjord, Spirilen usw., zurückgezogen hatte, und nachdem bereits mehrere boreale, ja sogar vereinzelte lusitanische Mollusken nach unserer Südküste eingewandert waren. In den verschiedenen Teilen des Landes sind die höchsten Grenzen des spätglazialen Meeres an zahlreichen Stellen bestimmt worden. Aus den gefundenen Zahlenwerten geht hervor, daß überall die später stattgefundene Hebung in den zentralen Gegenden größer als an den Küsten gewesen ist. Seit dem Erscheinen von Bröggers soeben zitiertem Werke sind die Hauptzüge im Verlauf der Hebung am Kristianiafjord und in den benachbarten Gegenden klargelegt, aber betreffs der ganzen langen Westküste unseres Landes ist die Kenntnis noch sehr lückenhaft.

1) W. C. Brögger, Om de senglaciale og postglaciale nivåforandringer i Kristianiafeltet (Norges geologiske undersögelse. No. 31. Kristiania 1900—1901).

Schon lange ist es bekannt gewesen, daß große Strecken der Küsten der Ostsee und Nordsee im wärmsten Teil der postglazialen Zeit von einer neuen Senkung betroffen wurden. Land, das einst über dem Niveau des Meeres lag, sank wieder unter den Meeresspiegel, um dann aufs neue bis zur gegenwärtigen Höhe gehoben zu werden. Über die Klimaverhältnisse, Flora und Fauna der Senkungsperiode liegen eingehende Untersuchungen vor. Daß eine solche postglaziale Landessenkung, die der baltischen »Litorinasenkung« ganz zu entsprechen scheint, auch wenigstens gewisse Teile der Westküste Norwegens berührt hat, wurde erst ganz kürzlich von P. A. Øyen und dem Verfasser nachgewiesen. Sowohl auf der Tiefebene Jäderen im südwestlichsten Teil unseres Landes als auch auf der Inselgruppe Westeraalen an der Küste Nordlands habe ich in tiefliegenden Torfmooren Meeresablagerungen mitten in der Schichtenfolge gefunden, während andere Moore von marinem Sand und Strandgeröll bedeckt sind (Fig. 1). Es scheint überall eine allgemeine Regel zu sein, daß Reste einer jetzt verschwundenen südlichen Fauna und Flora in den marinen Ablagerungen der Senkungsperiode und unmittelbar darunter aufbewahrt sind[1]). Auf Jäderen liegt die Depressionsgrenze nach Øyens Bestimmung 11—16 m ü. M[2]), und in Westeraalen beträgt ebenfalls die Senkung wenigstens 9—10 m.

2. Über das Vorkommen der Moore.

In allen Teilen Norwegens kommen Torfmoore vor, sowohl in den nördlichsten als südlichsten Gegenden, von dem Niveau des Meeres bis hoch über die Baumgrenze in den Gebirgen. Laut einer Schätzung von A. Helland nehmen sie 3,7 % der gesamten Oberfläche des Landes ein. Doch sind sie bei weitem nicht in den verschieden Landesteilen gleichmäßig verteilt. Das einzige Gebiet, in dem sämtliche Moore genau aufgemessen sind, ist das Rechtangelkartblatt »Tönsberg« auf der Westseite des Kristianiafjords; nach G. E. Stangeland nehmen die Torfmoore dort 1,03 % des gesamten Areales der Landschaft ein. In anderen Teilen des Landes sind aber die Reliefverhältnisse und das Klima viel günstiger für die Torfbildung.

In den Walddistrikten des südöstlichen Norwegens füllen häufig nasse Sphagnummoore die Senkungen zwischen den aufragenden Bergrücken und Kuppen aus. Dadurch entstehen häufig zusammenhängende, bis meilenlange, verzweigte Systeme von moorigem Terrain. Moore von demselben Typus finden wir im nördlichen Norwegen in den inneren, schwach welligen Nadelwaldlandschaften Südwarangers wieder.

Der breite, flache Talboden der großen ostnorwegischen Täler besteht

1) Jens Holmboe, Om en postglacial saenkning af Norges sydvestlige kyst. (Nyt Mag. f. Naturv. Bd. 39. Kristiania 1901). — Om faunaen i nogle skjaelbanker og lerlag ved Norges nordlige kyst. (Norg. geolog. unders. aarbog 1904, No. 1. Kristiania 1903).

2) P. A. Øyen, Tapesniveauet paa Jaederen, undersögt sommeren 1900. (Chria. Vid. Selsk. Skr. I. Math.-naturv. Kl. No. 7, 1903).

oft aus trockenen Sandflächen, an vielen Stellen von bedeutender Ausdehnung. In alten verlassenen Flußbetten und anderen Senkungen steht häufig stagnierendes Wasser, das die Bildung von Mooren veranlaßt. Von den Flüssen werden diese gewöhnlich durch Bänke von Sand und Schutt, bisweilen zugleich durch kleinere Bergrücken getrennt. Diese Moore sind meistens ziemlich neue Bildungen; ältere Moore trifft man in Versenkungen in den höher gelegenen Terrassen und Seitentälern.

Im westlichen Norwegen sind die inneren Täler steil und eng und lassen den Mooren nur wenig Platz übrig. Aber vor der schroff aufsteigenden Küste, von Lindesnäs bis Nordkap, bildet die von H. Reusch studierte »Strandebene« eine niedrige Verbrämung aus flachen Halbinseln und Inseln, wo eine reiche Entwicklung von Mooren stattgefunden hat. Besonders an



Fig. 2.
»Strandebene« mit Torfmoor. Bö in Westeraalen.

der Außenseite der großen Inselgruppen Lofoten und Westeraalen tritt die Strandebene außerordentlich scharf hervor; der Gegensatz zwischen ihr und den Alpenformen der Landschaft muß die Aufmerksamkeit eines jeden Reisenden erregen (Fig. 2). Lister, Jäderen und zahlreiche andere Halbinseln und Inseln der Strandebene in den Stiften Bergen, Trondhjem und Tromsö gehören zu den torfreichsten Teilen des Landes; überall gehört das Vorkommen der Moore zu den wichtigsten Charakterzügen der Strandebene. Die meisten und bedeutendsten Moore liegen entweder in den flachen und seichten Vertiefungen der schwach welligen Erdoberfläche oder in Lagunen hinter den alten Strandwällen von Sand, Schutt und Strandgeröll, die sich der Küste entlang strecken.

In Lofoten und sonst im nördlichen Norwegen, wo eine starke, lokale

Gletschererosion sich geltend gemacht hat, findet man oft in den schalenförmigen »Botnen« kleine Moore. Die gewöhnlich vor den Botnen gelegenen kleinen Moränenrücken stauen das Wasser auf.

Die Hochgebirgsebenen sind reich an Torfmooren. Sowohl auf Dovre als auf Hardangervidda werden die zahlreichen flachen Vertiefungen von größeren und kleineren Moorstrecken ausgefüllt. Wie Adolf Dal gezeigt hat, ist jedoch in der eigentlichen Hochgebirgsregion die Tiefe der Moore fast immer ganz unbedeutend.

Wo Wasser in genügender Menge zufließt, können Torfmoore auch auf schwach schräger Unterlage gebildet werden. Ein seit langem bekanntes Beispiel davon bilden die großen Heimdalsmoore bei Trondhjem, die von Th. Kjerulf und P. C. Asbjörnsen studiert sind. In dem rauhen und feuchten Meeresklima an den Küsten Nordlands sind solche Moore viel zahlreicher als in den übrigen Teilen unseres Landes, und sie erreichen dort häufig eine bedeutende Größe und Mächtigkeit. Die Hauptmenge jener Moore in Westeraalen, wo Torf zur Feuerung gegraben wird, liegen auf schrägen Flächen mit freiem Abfluß für das Wasser. Ausnahmsweise neigt sich die Unterlage bis 15—20°. In Verbindung mit der Nähe des Meeres begünstigt zweifelsohne der kurze Sommer jener Gegenden die Bildung solcher Moore. In der kurzen Zeit, die zwischen dem Auftauen der Erde im Vorsommer und dem Wiedereintreten des Frostes verläuft, vermögen nicht Wind und Sonne das reichlich zufließende Schmelzwasser auszutrocknen.

Torfmoore, die etwas unter der Oberfläche das ganze Jahr hindurch gefroren sind, hat H. Reusch von dem Tieflande beim Warangerfjord in Ostfinmarken beschrieben und Adolf Dal von Dovre. In dem kalten Sommer 1902 fand ich im August gefrorene Moore sowohl in der Umgegend von Tromsö als auch in Ostfinmarken, sogar fast im Meeresniveau. In mehreren Mooren mußte die Axt gebraucht werden, um den Boden zu erreichen. Wie die beiden Forscher hervorgehoben haben, scheinen es nur Sphagnummoore zu sein, die noch zu dieser Jahreszeit gefroren sind.

Nur verhältnismäßig selten erreicht ein Moor bei uns eine Größe von mehr als 1500—2000 norw. »Maal« (1 Maal = 1000 qm). Das größte gemessene Moor im südlichen Norwegen liegt zwischen Bud und Hustad nördlich von Molde; es wird von Stangeland auf ca. 25000 Maal geschätzt. Noch größere Moore finden sich im nördlichen Teil des Landes, z. B. auf der Insel Andö in Westeraalen. Die Tiefe der Moore übersteigt selten 6—7 m. Ausnahmsweise hat jedoch Stangeland eine Tiefe von bis 9,5 m gefunden (Kappemyr in der Nähe von Bergen). Eine ältere Angabe Asbjörnsens, daß ein Moor bei Fredrikshald 13,8 m tief sei, ist durch die späteren Messungen nicht bestätigt worden. A. Blytt hat darauf aufmerksam gemacht, daß die am niedrigsten gelegenen Moore gewöhnlich sehr seicht sind, und daß man immer tiefere Moore trifft, wenn man von dem Meeresniveau bis zur Grenze der spätglazialen Senkung aufsteigt.

3. Über die Erdarten der Moore.

Durch die bahnbrechenden Forschungen Hampus von Posts (1861) hat das Studium der organogenen Erdarten eine feste Grundlage gewonnen. Das augenscheinlich chaotische Wirrwarr von Formen ordnete er in eine kleine Anzahl, durch ihre Bildungsweise charakterisierter, natürlicher Gruppen. In der Hauptsache sind von Posts Ergebnisse durch die späteren Untersuchungen bestätigt worden.

Der dadurch ermöglichte Einblick in die Natur der Erdablagerungen hat die quartäre Pflanzenpaläontologie wesentlich befördert. Aus der Beschaffenheit der Moorerde wurde es möglich zu erkennen, welche Pflanzenvereine während ihrer Bildung den Platz einnahmen, und dadurch hat man gelernt die Bedeutung der einzelnen Fossilfunde besser zu verstehen.

In diesem Abschnitt sollen die wichtigsten Erdarten, aus denen unsere Torfmoore aufgebaut sind, kurz besprochen werden. Zur natürlichsten Übersicht dürfte man gelangen, wenn man sie in zwei Hauptgruppen einteilt, von denen die erste die durch Absetzung in offenem Wasser, und die andere die durch Anhäufung auf feuchten Stellen gebildeten Erdarten umfaßt.

a. Durch Absetzung in offenem Wasser gebildete Erdarten.

Das in der Natur vorkommende Wasser ist so gut wie niemals vollständig rein, sondern enthält in größerer oder kleinerer Menge feste und aufgelöste, organische und anorganische Teile, sowie niedrige tierische und pflanzliche Organismen verschiedener Art.

In jedem Becken mit offenem Wasser findet ein Herabsinken des schwebenden Materiales statt. Dadurch entsteht eine ganze Reihe verschiedener Erdarten, als deren Haupttypen Sand und Lehm, Seekalk, Moorschlamm, Gytje und Driftablagerungen betrachtet werden können. Es beruht auf den zur Zeit im Becken und in seinen Umgebungen herrschenden Naturverhältnissen, welche Erdart in einem gegebenen Falle gebildet wird. Wo die Verhältnisse nicht in einer bestimmten Richtung besonders ausgeprägt sind, entstehen Reihen von Übergangsformen zwischen den einzelnen Typen. Wo sie im Laufe der Zeit wechseln, treten dieselben in Wechsellagerung auf. Es erscheint teils aus diesem Grunde zweckmäßig, die genannten Erdarten in einer besonderen Gruppe zusammenzustellen, teils auch deswegen, weil sie in der Schichtenfolge der Torfmoore regelmäßig zusammen auftreten und dort einander teilweise ersetzen können (vergl. unten).

In diesen Ablagerungen sind häufig Reste, nicht nur von den im Wasser lebenden Tieren und Pflanzen, sondern zugleich von Landpflanzen in reichlicher Menge aufbewahrt. Die letzten werden vom Wind und mit dem zufließenden Wasser in das Becken hinaus geführt; am zahlreichsten sind sie in der Nähe von schroffen Abhängen und an den Mündungen der

Bäche. Gytje und Moorschlamm sind gewöhnlich die an Pflanzenresten reichsten Erdarten.

Sand und Lehm. Das rinnende Wasser wäscht aus dem Erdboden seine feineren anorganischen Bestandteile — zum größten Teil direkt oder indirekt Produkte der Gletschererosion — und bringt dieses Material auf seinem Wege zum Meere mit. Durch Ablagerung dieses Schlammes werden die in unserem Lande sehr verbreiteten Erdarten Sand und Lehm gebildet. Die reineren Formen davon sind teils an solchen Orten gebildet, wo die hydrographischen Verhältnisse nur ein armes organisches Leben zulassen, teils auch wo die Absetzung des anorganischen Schlammes so groß ist, daß die organischen Produkte einen verschwindenden Teil des gesamten abgelagerten Materiales ausmachen. Wie Th. Kjerulf und W. C. Brögger gezeigt haben, ist die Lehmbildung im südlichen Norwegen hauptsächlich auf zwei weit getrennte Abschnitte der Quartärzeit beschränkt. Der spätglaziale Lehm besteht zum größten Teil aus dem Schlamm der Gletscherflüsse jener Zeit, in der die Abschmelzung des letzten Landeises stattfand. Die postglazialen Lehmablagerungen wurden dagegen zum größten Teil erst abgesetzt, nachdem das Land so hoch gehoben war, daß der spätglaziale Lehm von neuem anfing von den Flüssen ausgewaschen zu werden.

Zusammen mit dem Schlamm führt das rinnende Wasser Samen, Blätter und andere Pflanzenreste mit sich, die zum Teil in den Sand- und Lehmschichten eingelagert werden. In den Lehmgruben der Ziegeleien am Kristianiafjord trifft man sogar bisweilen große Baumstämme, oft mit Wurzeln und Zweigen verhältnismäßig gut aufbewahrt. Viele von diesen Stämmen sind in früheren Zeiten mit den Flüssen auf den Fjord hinaus geführt und sind dort, vom Wasser durchzogen, zu Boden gesunken und in den Lehm eingelagert. In anderen Fällen kann man sehen, daß sie durch Verschiebungen und Erdstürze in die Lehmschichten gebracht sind; die Stämme stehen dann häufig schräg oder fast aufrecht, und die Schichtenfolge des Lehmes ist deutlich gestört.

Ablagerungen von Sand und Lehm, die in kleinen Becken abgesetzt sind, enthalten gewöhnlich Fossilien in ziemlich reichlicher Menge. Mit größerer Entfernung von dem Strand nimmt die Anzahl der Fossilien rasch ab. Durch Schlämmen von größeren Quantitäten macht man jedoch häufig reiche Funde selbst in Sand und Lehm, die bei oberflächlicher Betrachtung fast rein erscheinen.

Neulich hat W. C. Brögger eine detaillierte paläontologische Einteilung der in dem Tieflande des südlichen Norwegens weit verbreiteten marinen Lehmablagerungen durchgeführt[1]). Unter den in süßem Wasser gebildeten Lehmarten muß der während Zeiten der Überschwemmung abgesetzte

1) W. C. Brögger l. c.

Schlammlehm erwähnt werden. Bisweilen ist dieser Lehm sehr fossilienreich; da er aber fast immer an sehr exponierten Plätzen auftritt, erreicht er selten ein hohes Alter. Ein ähnlicher glazialer Süßwasserlehm, wie er aus Schonen durch A. G. Nathorsts Forschungen bekannt ist, ist noch nicht in Norwegen angetroffen. Auf der flachen Halbinsel Lister an der Südküste habe ich jedoch einen Süßwasserlehm mit Resten von *Betula nana* gefunden, dessen Alter dem des südschwedischen »Dryaslehms« sich nähern dürfte.

Mariner Sand mit Pflanzenresten ist an den Küsten weit verbreitet, besonders im südwestlichen Teile des Landes. Die bisher untersuchten Ablagerungen sind alle von postglazialem Alter. In Süßwasser abgelagerter Sand ist häufig reich an Pflanzenresten.

Seekalk. In Becken mit stark kalkhaltigem Wasser können unter gewissen Verhältnissen mächtige Schichten von kohlensaurem Kalk in verschiedener Weise auf dem Boden abgelagert werden. Der Kalk ist zum großen Teil durch chemische und mechanische Prozesse aus toten Molluskenschalen frei geworden; zum Teil stammt er auch von den Kalkkrusten, die durch die Lebenstätigkeit verschiedener Algen und höherer Pflanzen ausgeschieden werden und die vom Wellenschlage losgerissen und zerquetscht werden. Nach C. Wesenberg-Lund ist es möglich, daß ein Teil des Kalkes direkt aus dem Wasser ausgefällt wird. Diese verschiedenen Faktoren können entweder getrennt oder auch — und das dürfte das gewöhnlichste sein — gemeinschaftlich wirken. Der reine Seekalk ist eine kleiige, schichtlose oder geschichtete Erdart von weißer bis graugelber Farbe; in trockenem Zustande zerfällt er zu einem kreideweißen Pulver. Der bei uns vorkommende Seekalk ist fast immer ziemlich stark von beigemischten Lehm- und Gytjeteilen verunreinigt. Wenigstens auf den »Oplandene« (die Umgebungen der großen Binnenseen Mjösen und Randsfjord) ist er allgemein verbreitet, erreicht aber nur verhältnismäßig selten eine größere Mächtigkeit als 0,5—0,6 m. In einem Falle, am Hofe Rognstad auf Toten, hat jedoch Th. Kjerulf eine Seekalkablagerung beobachtet, die nicht weniger als ca. 2,5 m mächtig war.

Moorschlamm. Mit dem von den Ufern zufließenden Wasser werden Lösungen von Humussäuren, die vom Regen aus halb vermoderten Pflanzenteilen ausgewaschen sind, in die Seen hinausgeführt. In stillstehenden Wasseransammlungen, die von Laubwald- oder anderem humusreichen Erdboden umgeben werden, häufen sich die Säuren im Laufe der Zeit stark an, und das Wasser wird dadurch mehr oder weniger braun gefärbt. Nach den Forschungen Hampus von Posts fällen die Humussäuren die im Wasser gelösten Kalk- und Eisenverbindungen aus und veranlassen so die Bildung jener Erdart, die er mit dem der schwedischen Volkssprache entnommenen Namen »Dy« bezeichnet hat, und die in der späteren schwedischen Torfliteratur »Torfdy« oder »Dytorf« genannt wird (G. Andersson,

R. SERNANDER). C. A. WEBER hat kürzlich für dieselbe Erdart die Bezeichnung Muddetorf vorgeschlagen[1]); da sie indessen nicht eine Torfart in dem Sinne dieser Abhandlung ist, ziehe ich vor, sie Moorschlamm zu nennen.

Die reinen Formen des Moorschlammes bestehen aus einer strukturlosen, in frischem Zustande rotbraun gefärbten Masse. Wenn er der Einwirkung atmosphärischer Luft ausgesetzt wird, ändert sich die Farbe im Laufe weniger Augenblicke in ein tiefes Schwarz oder Schwarzbraun. Im Gegensatz zu den übrigen durch Ablagerung in offenem Wasser gebildeten Erdarten ist der Moorschlamm in den meisten Fällen vollständig schichtlos. Unter dem Mikroskop zeigt sich die Masse häufig zum großen Teil aus kleinen Klümpchen zusammengesetzt. Ein bedeutender Teil des Moorschlammes wird gewöhnlich von Chitinteilen von Würmern und Arthropoden gebildet; diese sind fast immer wohl konserviert, aber gewöhnlich ziemlich fragmentarisch, und lassen sich deshalb schwierig bestimmen. Ferner enthält der Moorschlamm feine Teilchen von Pflanzengeweben, besonders von Hautgeweben und mechanischen Geweben, Pollenkörner, niedere Algen usw. Auch an makroskopischen Pflanzenresten ist diese Erdart oft reich; nicht selten ist sie von liegenden Stämmen — aber nie eingewurzelten Strünken —, Zweigen, Ästen, Zapfen, Nüssen und anderem Waldabfall so stark durchsetzt, daß diese einen bedeutenden Teil der gesamten Ablagerung ausmachen. In den norwegischen Torfmooren ist der Moorschlamm eine weitverbreitete Erdart, die in großer Ausdehnung als Brenntorf verwertet wird.

Unter den Varietäten des Moorschlammes muß der Erlenschlamm hervorgehoben werden. Diese Erdart wird in ruhigen, seichten Seen nahe am Ufer gebildet, wo *Alnus glutinosa* zusammen mit anderen Bäumen und Sträuchern in sogenannten Erlenbrüchen wächst. Der dunkle Muddeboden zwischen den Bäumen ist fast vegetationslos. In dem seichten Wasser findet eine Moorschlammbildung statt, die jedoch von der gewöhnlichen weiter hinaus im tiefern Wasser in mehreren Punkten etwas abweicht. Wegen der periodischen Trockenlegung vermodern die Pflanzenteile vollständiger und die Masse sinkt stärker zusammen. Der Erlenschlamm ist eine schwarze, mulmige, fast ganz homogene Masse, die so gut wie vollständig anderer makroskopisch erkennbarer Pflanzenteile entbehrt als eingewachsene Erlenwurzeln; durch Schlämmen findet man in den meisten Fällen zugleich vereinzelte Früchte von demselben Baum, Fruchtsteine von *Rhamnus frangula* und namentlich einige kleine, schwarze, kugelrunde Pilzbildungen (*Cenococcum geophilum*). Erlenschlamm kommt in einer großen Anzahl der von mir untersuchten Moore vor.

Gytje. Mit diesem Namen bezeichnet man gewöhnlich nach VON POST

---

1) C. A. WEBER, Vegetation und Entstehung des Hochmoors von Augstumal, S. 206. Berlin 1902.

eine Erdart, die hauptsächlich aus Abfallsprodukten des Planktons besteht. Über das Vorkommen des Planktons in den norwegischen Binnenseen hat H. Huitfeldt-Kaas eingehende Untersuchungen angestellt. Zufolge seinen Beobachtungen gedeiht das Plankton am besten in seichten Seen mit geringem Wasserzufluß und ruhigem Wasser. In solchen Seen wird auch die Gytje am reichlichsten und in ihrer am meisten typischen Form gebildet. Exkremente und andere Abfallprodukte des tierischen Planktons werden nach und nach auf den Boden abgesetzt; besonders die Crustaceen spielen dabei eine hervorragende Rolle. Nach dem Tode sinken auch die Schalen und Panzerteile sowohl der tierischen als pflanzlichen Planktonorganismen langsam zu Boden. Kieselpanzer der Diatomeen, Chitinreste der Crustaceen, der Insekten und anderer im Wasser lebenden Tierchen machen oft einen großen Teil der Gytje aus (C. Wesenberg-Lund). Viel spärlicher kommen bestimmbare Reste von den grünen Algen des Planktons in den fossilen Gytjen vor — am häufigsten Desmidieen —; die Myxophyceen und Peridineen scheinen vollständig destruiert zu sein.

Auch der Pflanzenwuchs des Seebodens nimmt an der Gytjebildung teil. Die abgestorbenen Stengel und Blätter der höheren Wasserpflanzen werden durch die vereinigten Angriffe des Wellenschlages und der verschiedenen Kleinorganismen losgerissen und zersetzt und werden auf den Boden abgelagert. Oft enthält die Gytje Teilchen von höheren Pflanzen in großer Menge. Diese sind zwar in den meisten Fällen zu klein und fragmentarisch, um bestimmt werden zu können; aber fast immer findet man zugleich wohl konservierte, makroskopisch bestimmbare Teile von Wasserpflanzen, besonders Samen, Blätter und Rhizome. Von Diatomeen, Characeen und anderen auf dem Boden lebenden Algen findet man gewöhnlich zahlreiche Reste.

Das Endprodukt dieser Ablagerung von verschiedenartigem Material nennen wir Gytje. Es ist dies eine weiche, zähe, in nassem Zustande oft gelatinöse Erdart; die Farbe ist mehr oder weniger grüngrau, bisweilen fast gelbgrün oder olivengrün; seltener braun oder braunrot. Oft ist die Gytje stark geschichtet (»Papiergytje«), was von einer regelmäßigen Periodizität während ihrer Ablagerung zu zeugen scheint. Der Gedanke liegt nahe, daß dies mit der jährlichen Periodizität in dem Auftreten des Planktons in Zusammenhang stehen könne, und daß also jede Schicht die Absetzung eines Jahres repräsentiere. Dies sei jedoch nur als eine bloße Vermutung ausgesprochen.

Die Bestandteile der Gytje sind in den einzelnen Fällen in einem verschiedenen Verhältnis vorhanden. Dementsprechend entsteht eine Reihe von Varietäten, die sowohl unter einander eng verbunden sind, als auch die typische Gytje mit den übrigen in offenem Wasser sedimentierten Erdarten verbinden.

Nach dem Vorgang C. Wesenberg-Lunds kann man drei Haupttypen von rezenten Gytjen aufstellen: 1. Diatomeengytje, 2. Myxophyceengytje und 3. Chitingytje. Unter diesen dürfte Nr. 2 in fossilem Zustande schwierig zu erkennen sein; die beiden andern habe ich dagegen häufig in mehr oder weniger ausgeprägten Formen in norwegischen Binnenseen und Torfmooren beobachtet. Die reinste Diatomeengytje ist die sogenannte Diatomeenerde oder Kieselguhr, die bei uns besonders im südwestlichen Teil des Landes an vielen Orten vorkommt.

Driftablagerungen. Zu allen Jahreszeiten, aber besonders im Frühling und Herbst, führt das rinnende Wasser mit sich große Mengen von Pflanzenabfällen. Die meisten Pflanzenteile nehmen an diesem Transport teil: Wurzeln, Rhizome, Stengel, Stämme, Zweige, Äste und Blätter, ferner zahlreiche Früchte und Samen (R. Sernander). Ein Teil der Drift wird von dem Strom auf das Ufer geworfen, wo die Wellen das Material in lange, wallförmige Bänke ordnen. Ein anderer nicht unbedeutender Teil sinkt früher oder später zu Boden, wenn die Pflanzenreste vom Wasser ganz durchzogen sind. In den ruhigen Buchten unserer Binnenseen ist der Boden oft über große Strecken von herabgesunkenen Pflanzenteilen bedeckt. Durch eine solche Ablagerung entsteht die Erdart, die Gunnar Andersson als Schwemmtorf beschrieben hat. Da sie indessen nicht eine echte Torfart ist, muß Sernanders Benennung vorgezogen werden. Reine Driftablagerungen werden selten in den Mooren getroffen; um so häufiger sind Übergangsformen zu Gytje und Moorschlamm und den übrigen in offenem Wasser gebildeten Erdarten.

Zu den wichtigsten Driftablagerungen des Meeres gehören jene Wälle von aufgeworfenem Tang, die von den Wellen an der Hochwassergrenze angespült werden. Jedermann, der nach einem Sturm längs einem unbeschützten Strande an der Westküste Norwegens gewandert ist, wird davon einen Eindruck bekommen haben, wie große Mengen von Tang auf das Ufer geworfen werden können, und wie gewaltig jene Kraft ist, die sie von ihren unterseeischen Standorten losreißt. Wo die Tangmassen in Lagunenseen oder andere Strandsümpfe gespült werden, sind sie oft gegen vollständige Verwesung geschützt und können mächtige Ablagerungen bilden. Die dadurch gebildete Erdart ist eine frisch braune, fette, geschichtete Masse, die beim Trocknen stark zusammenschrumpft. Auf Andö in Westeraalen habe ich Schichten von solcher »Tangerde« im Boden tiefliegender Moore (3—4 m ü. M.) gefunden. Die Tangmasse scheint hier nach einer Untersuchung von Prof. Dr. N. Wille aus *Fucus* und *Ascophyllum* zu bestehen; wegen des Zustandes der aufbewahrten Reste ist aber eine nähere Bestimmung kaum möglich.

b. Durch teilweise Konservierung der Vegetation in ursprünglicher Lage auf feuchten Stellen gebildete Erdarten (Torf).

Auf trockenem Lande gehen nach dem Tode die Reste der Vegetation schnell zu Grunde. Unter Einwirkung des Sauerstoffs der Luft, sowie niedriger, chlorophyllfreier Organismen verschiedener Art werden die organischen Stoffe in Wasser, Kohlensäure und Ammoniak umgebildet. Selbst dort, wo die Vegetation sehr üppig ist, und alle Jahre große Mengen von organischem Material gebildet werden, machen die organogenen Erdlager eine wenig mächtige Decke über der mineralischen Unterlage aus.

Ganz anders ist das Verhältnis auf feuchten Stellen, wo das Grundwasser ungefähr in demselben Niveau wie die Erdoberfläche oder noch etwas höher steht. Das Wasser schützt hier die Pflanzenteile gegen die Angriffe der zerstörenden Faktoren, und namentlich geschieht dies, wo das Wasser größere Mengen von Humussäuren enthält. Aus solchen Ablagerungen, durch längere Zeiten fortgesetzt, entstehen die Torfarten in engerem Sinne.

Nicht alle Pflanzenteile widerstehen gleich gut den Vermoderungsprozessen. Am besten halten sich jene Gewebe, die verkieselte, verholzte oder verkorkte Wände besitzen, während die fast nur aus Zellulose bestehenden Teile viel leichter zu Grunde gehen. Die beste Aussicht, in größerer Menge aufbewahrt zu werden, haben ferner jene Pflanzenteile, die schon bei Lebzeiten im Niveau des Grundwassers oder nur wenig höher ihren Platz haben. An der Torfbildung nehmen deshalb in größerer Ausdehnung besonders Wurzeln, Rhizome, basale Stengelteile und andere hinsichtlich der Wachsweise damit analoge Organe teil.

Die eigentlichen Torfarten entstehen aus verschiedenen, an Arten armen Sumpfpflanzenvereinen, in erster Reihe Rohrsümpfen, Wiesenmooren und Moosmooren. Wegen des dichten Wuchses dieser Vereine behalten diejenigen Pflanzenteile, die den Torf aufbauen, in mehr oder weniger hervortretendem Grade ihre natürliche Stellung. Dadurch wird die eigentümliche Struktur mit aufrechtstehenden Fibern bedingt, die diese Erdarten auszeichnet.

Die einzelnen Sumpfpflanzenvereine fordern einen Wuchsplatz von verschiedenem Feuchtigkeitsgrad, und die entsprechenden Torfarten geben deshalb wertvolle Aufschlüsse über diese Verhältnisse zur Zeit der Ablagerung. — Nur als eine ganz untergeordnete Beimischung enthält der Torf Reste von der Vegetation der umgebenden Pflanzenvereine. Teils deshalb und teils wegen der großen geographischen Verbreitung der meisten torfbildenden Pflanzen geben die eigentlichen Torfarten nur ausnahmsweise Winke von Bedeutung über die Klimaverhältnisse zur Bildungszeit.

Moostorf. Sowohl wegen ihres Baues als der Art ihres Vorkommens sind viele Moosarten vorzüglich dazu geeignet, fossil aufbewahrt zu werden.

In größerer Ausdehnung als irgend eine andere Pflanzengruppe haben sie bei der Torfbildung mitgewirkt.

Der Moostorf ist fast immer sehr arm an Resten von phanerogamen Pflanzen, und wenn solche vorkommen, gehören sie meistens zu gewöhnlichen Moorpflanzen. Eine paläontologische Untersuchung dieser Torfarten gibt deshalb wenig Ausbeute, und dies hat mit dazu geführt, daß sie bisher bei uns wenig studiert sind. Wegen der großen Ausbreitung der Moostorfarten in unserm Lande und ihrer ökonomischen Bedeutung wäre indessen ein gründliches Studium derselben sehr erwünscht; dadurch würden zweifelsohne sowohl praktisch als auch wissenschaftlich wertvolle Ergebnisse gewonnen werden können.

Unter den hierher gehörigen Torfarten ist der *Sphagnum*-Torf der wichtigste; er besteht aus Zweigstücken und ganzen Sprossen verschiedener *Sphagnum*-Arten. In frischem Zustand bildet er eine braunfarbige, locker schwammige Masse; beim Austrocknen schrumpft er verhältnismäßig wenig zusammen und wird sehr leicht. Mehrere *Sphagnum*-Arten tragen zur Torfbildung bei, einige auf trockneren, andere auf feuchteren Plätzen; nach den Untersuchungen E. RYANS scheinen im südöstlichen Norwegen *Sph. fuscum*, *Sph. laxifolium* und *Sph. medium* die wichtigsten zu sein. Von phanerogamen Moorpflanzen enthält der *Sphagnum*-Torf am häufigsten Blätter und Stengel von *Andromeda* und *Oxycoccus*, sowie faserige Büsche von *Eriophorum vaginatum*. Wo die Eriophorumfasern den wesentlichsten Teil der Torfmasse ausmachen, entsteht jene Torfart, die G. ANDERSSON »Fasertorf« genannt hat; in Norwegen habe ich jedoch noch nicht so reine Formen davon gesehen, daß Grund dazu vorliegt, sie als eine besondere Torfart aufzustellen.

Der Fett-Torf ist eine eigentümliche, in den norwegischen Torfmooren allgemein verbreitete Torfart; ein großer Teil des Brenntorfs, der in Norwegen gewonnen wird, besteht aus Fett-Torf. Die Art seines Entstehens ist noch keineswegs aufgeklärt. GUNNAR ANDERSSON war früher geneigt, ihn als ein weit vorgeschrittenes Umbildungsprodukt des Sphagnumtorfs anzusehen; später hat er ihn, obschon mit Zweifel, zur Moorschlammgruppe gezogen. In mehreren Beziehungen nimmt der Fett-Torf eine Zwischenstellung zwischen den genannten Erdarten ein. Er ist ein fester, braunschwarzer Torf von fetter Konsistenz, dicht von aufrechtstehenden Wurzelfasern von *Eriophorum*-Arten und *Scirpus caespitosus* durchsetzt. Von andern phanerogamen Pflanzenteilen enthält er nur wenige. Auch durch eine mikroskopische Untersuchung ist es nicht leicht, Aufschlüsse über seine Entstehungsweise zu gewinnen. — Wenigstens zum Teil identisch mit dem Fett-Torf ist STANGELANDS »Björnskjaegtorv«, der auf Jäderen sehr verbreitet ist; die Wurzelfasern, die den Torf durchsetzen, scheinen hier häufiger als in dem östlichen Teil des Landes aus *Scirpus caespitosus* und bisweilen *Molinia coerulea* zu bestehen.

An sehr feuchten Standorten oder vollständig im Wasser untergetaucht bilden die *Amblystegium*-Arten häufig dichte Matten, und nicht selten können dadurch Torfablagerungen entstehen, die jedoch in den meisten Fällen nur wenig mächtig werden. Oft ist diese Torfart durch Beimischung von Gytje verunreinigt. R. Tolf hat für sie den Namen Braunmoostorf vorgeschlagen.

Auch andere Moosarten können bisweilen Torf bilden. Nicht selten sieht man im östlichen Norwegen, besonders in feuchten Nadelwäldern, üppig wachsende Torfschichten von *Polytrichum commune*. Laut H. Reusch scheint ferner *Rhacomitrium lanuginosum* im nördlichen Teil des Landes Torf bilden zu können.

Gefäßpflanzentorf. Unter diesem Namen faßt G. Andersson eine Reihe Torfarten zusammen, die von Wurzeln, Rhizomen, Stengeln und andern vegetativen Teilen verschiedener, in den meisten Fällen monocotyledoner Gefäßpflanzen gebildet werden. In Rohrsümpfen und Wiesenmooren wachsen bald die einzelnen Arten getrennt in reinem Bestand, bald mehrere zusammen; dementsprechend sind auch die hierher gehörigen Torfarten, die in ihren typischen Formen zum Teil sehr verschieden sind, durch Mischformen eng mit einander verbunden. Einige von den wichtigsten sollen hier erwähnt werden.

Schachtelhalmtorf. Die glänzend braunschwarzen Rhizome von *Equisetum* — zweifelsohne in den allermeisten Fällen *E. limosum* (s. l.) — sind häufig verschiedenen Torfarten eingemischt. Viel seltener sind sie so zahlreich, daß man von einem besonderen Schachtelhalmtorf reden kann.

Binsentorf ist eine häufige Torfart, die aus den groben Rhizomen und Wurzeln von *Scirpus lacustris* (selten *S. Tabernaemontani*) besteht. Verhältnismäßig selten trifft man den Binsentorf rein; in der Regel enthält er größere oder kleinere Mengen von Resten anderer Sumpfpflanzen und ist zugleich sehr durch Gytje verunreinigt.

Schilftorf besteht aus denselben Teilen von *Phragmites communis* und ist vielleicht noch mehr verbreitet als der Binsentorf. Er hat bei einer flüchtigen Untersuchung große Ähnlichkeit mit der genannten Torfart.

Seggentorf, wesentlich aus Rhizomen und dicht zusammengefilzten Wurzeln verschiedener *Carex*-Arten gebildet, ist auch bei uns eine allgemein verbreitete Torfart. Namentlich an der Westküste scheint er bedeutend zur Moorbildung beigetragen zu haben. Unter den zahlreichen *Carex*-Arten, die in unserem Lande vorkommen, bilden gewiß nur wenige Arten Torf in größerer Ausdehnung. Die am meisten hervorragende Rolle scheinen *C. ampullacea* und *C. filiformis*, sowie eine oder mehrere Arten von *Carices distigmaticae* gespielt zu haben. In geringerer Ausdehnung haben *C. stellulata* und *C. pseudocyperus* mitgewirkt, die letztgenannte besonders am Kristianiafjord. *C. vesicaria*, die in Finnland laut G. Andersson eine wichtige torfbildende Art ist, hat bei uns nur eine untergeordnete Be-

deutung. — Übergangsformen zu Moorschlamm und Erlenschlamm kommen häufig vor.

Heidetorf ist eine feste, dunkel schwarzbraune Torfart, die überwiegend aus Zweigen und Blättern heideartiger Zweigsträucher besteht. Ganz rein habe ich den Heidetorf nie gesehen, überall war Fett-Torf-Material beigemischt. *Calluna vulgaris* spielt die Hauptrolle bei der Bildung dieser Torfart; mit ihr wirken *Andromeda polifolia*, *Oxycoccus palustris*, *Vaccinium Vitis idaea*, *Empetrum nigrum* u. a. zusammen. Soweit meine bisherige Erfahrung reicht, ist das Vorkommen dieser Torfart auf die westlichen, besonders südwestlichen Teile unseres Landes beschränkt.

4. Über die Entwicklung und Schichtenfolge der Moore.

Alle Erdarten der Moore haben zu ihrer Bildung Feuchtigkeit nötig aber nicht alle gleich viel. Während einige nur in offenem — tieferem oder seichterem — Wasser abgelagert werden, entstehen andere in mehr oder weniger feuchten Sümpfen. Jeder einzelnen Erdart entspricht ein ziemlich genau bestimmter Feuchtigkeitsgrad zur Zeit der Bildung, und es wird in erster Reihe von dem in jedem einzelnen Becken herrschenden Grad von Feuchtigkeit bestimmt, welche Erdart in einem gegebenen Fall gebildet wird.

Dementsprechend ändert sich auch die Natur jener Erdarten, die in einem Becken abgelagert werden, wenn die Feuchtigkeit durch Verschiebung der gegenseitigen Lage von Grundwasserniveau und Erdoberfläche geändert wird. Die Schichtenfolge der Moore gibt ein getreues Abbild der Feuchtigkeitsveränderungen, die während ihrer Entwicklungszeit stattgefunden haben. Nicht in allen Mooren oder in allen Teilen eines Moores werden die sämtlichen Stufen zwischen offenem Wasser und fester Erdoberfläche als äußerste Grenzen durchlaufen; die Moorbildung kann beginnen und schließen — wenigstens vorläufig — bei jedem beliebigen Feuchtigkeitsgrad innerhalb dieser Grenzen.

In Verbindung mit dem Feuchtigkeitsgrad beruht es hauptsächlich auf der chemischen Beschaffenheit des Wassers und den dadurch bedingten Ernährungsverhältnissen, welche torfbildende Pflanzenvereine in einem Becken sukzessive auftreten (P. Graebner). Hiervon ist jedoch zur Zeit wenig sicher bekannt.

In zwei Richtungen kann die allmähliche, durch Jahrtausende fortgesetzte Feuchtigkeitsänderung in einem Becken verlaufen: die Feuchtigkeit kann abnehmen und sie kann zunehmen. Dadurch werden zwei, durch ihre Schichtenfolge charakterisierte, typisch weit verschiedene Formen der Moorbildung bedingt. Mehr oder weniger ausgeprägt lassen sich die meisten Moore zu je einer dieser Haupttypen ziehen. Neben diesen gibt es eine große Gruppe von Mooren, während deren Bildung die Feuchtigkeit

periodisch abgenommen und zugenommen hat und deren Schichtenfolge eine entsprechende Wechsellagerung zeigt.

a. Bei abnehmender Feuchtigkeit gebildete Moore. Verwachsen von Seen.

Es ist schon lange wohl bekannt gewesen, daß viele Moore durch Verwachsen von Seen gebildet sind. Auf dem Boden des Beckens werden nach und nach Lehm, Gytje, Moorschlamm u. a. Erdarten abgesetzt, die durch Ablagerung des anorganischen Schlamms des Wassers oder aus dem Abfall der freischwebenden und auf dem Boden lebenden Pflanzen und Tiere gebildet werden. Zuletzt wird das Wasser so seicht, daß Sumpfpflanzen wurzeln können; zuerst rücken jene Arten von dem Ufer vor, die in tiefstem Wasser zu wachsen vermögen, später nach und nach die

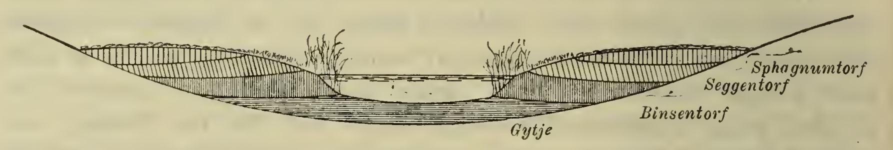


Fig. 3.
Das Verwachsen von einem See, schematisch dargestellt.

übrigen, die weniger Feuchtigkeit bedürfen. Mit ihren basalen Teilen bilden sie Torf, bis die Mooroberfläche so hoch über das Niveau des Grundwassers gehoben ist, daß die Torfbildung schließt und Wald und Heide entstehen können (Fig. 3).

Wie in unsern Nachbarländern sind Moore von diesem Typus auch in Norwegen gewöhnlich; sie kommen in allen Gegenden vor, wo ich bisher Gelegenheit gehabt habe, den Bau der Moore zu studieren. Es sind meistens verhältnismäßig kleine Moore, die in schalenförmigen Becken der Landschaft liegen.

Der Boden des Moorbeckens besteht bei diesen Mooren in den überwiegend meisten Fällen aus Lehm, der übrigens von verschiedener Natur sein kann: Moränenlehm, mariner Lehm, Süßwasserlehm. Viel seltener habe ich Sand oder Fels angetroffen, letzteren in der Regel nur auf kleineren Teilen des Moorbodens.

Die Bildung dieser Moore wird so gut wie immer dadurch eingeleitet, daß eine mehr oder weniger mächtige Schicht von Gytje abgesetzt wird. Bisweilen ist die Gytjeschicht nur wenige Centimeter mächtig, gewöhnlich 0,2—0,5 m, in seltneren Fällen, und zwar meistens mitten im Becken, bis 3 m. Durch die Hebung des Landes werden oft Meerbusen von dem Meere getrennt und in Süßwasserbecken umgewandelt; in diesen fängt häufig eine reichliche Gytjebildung an, schon ehe die Verbindung mit dem Meere ganz abgebrochen ist. In den niedrigen Distrikten beiderseits des

Kristianiafjords bestehen die untersten Schichten vieler Moore aus Gytje mit Resten von Salz- und Brackwasserorganismen. — In den kalkreichen Distrikten auf den Oplandene wird häufig die Gytjeschicht durch Seekalk ersetzt oder eine Seekalkabsetzung geht der Gytjeablagerung voraus.

Die Entwicklung des Moores kann von nun an in zwei verschiedenen Richtungen weitergehen. In dem einen Falle wird die Gytje von einem Gefäßpflanzentorf, in dem andern Falle von Moorschlamm überlagert. Das erste geschieht, wenn das Wasser rein verbleibt, das andere dagegen, wenn aus der Umgebung größere Mengen von Humussäuren zufließen und das Wasser braun färben.

Die zuerst auftretenden Sumpfpflanzen sind *Scirpus lacustris* und *Phragmites communis*, die beide in Wasser von bis mehr als 2 m Tiefe wachsen können. Mit ihren dicht zusammengewebten Rhizomen und Wurzeln bilden sie Torf, entweder gemeinschaftlich oder getrennt. Die Absetzung der Gytje wird in dem ruhigen Wasser zwischen dem Schilf fortgesetzt; und je nachdem das Wasser dadurch und durch die Torfbildung seichter wird, treten immer mehr Sumpfpflanzen auf, unter denen die wichtigsten *Equisetum limosum*, *Iris pseudacorus*, *Alisma plantago* u. a. sind. Nach und nach folgen *Menyanthes trifoliata*, *Comarum palustre*, *Peucedanum palustre* usw. Das gröbere Schilf wird verdrängt und die Torfablagerung geht in einen Seggentorf über. Die Vegetation entwickelt sich zu einer Wiesenmoor-Vegetation. Gleichzeitig damit, daß das Moorwasser immer an Humussäuren reicher wird, beginnen Moosarten, namentlich *Sphagnum*, aufzutreten; sie werden immer zahlreicher, verdrängen die Wiesenmoor-Vegetation und werden selbst herrschend. Wegen des wohlbekannten porösen Baues ihrer Stengel und Blätter saugen diese Moose das Wasser kapillarisch auf; dadurch kann das Grundwasser gehoben und die Torfbildung fortgesetzt werden bis mehrere Meter über die Höhe des natürlichen Ablaufes (»Hochmoor«). Zwischen den *Sphagnum*-Arten leben einige wenige höhere Pflanzen, z. B. *Andromeda polifolia*, *Oxycoccus palustris*, *Scheuchzeria palustris* u. a.; Reste von diesen sind im Sphagnumtorf gewöhnlich, machen aber in der Regel nur einen unbedeutenden Teil der Torfmasse aus. Wenn durch den Zuwachs die Mooroberfläche etwas trockener geworden ist, beginnen zwergartige Heidesträucher aufzutreten: *Myrica Gale*, *Vaccinium uliginosum*, *Empetrum nigrum* und später *Calluna vulgaris*,

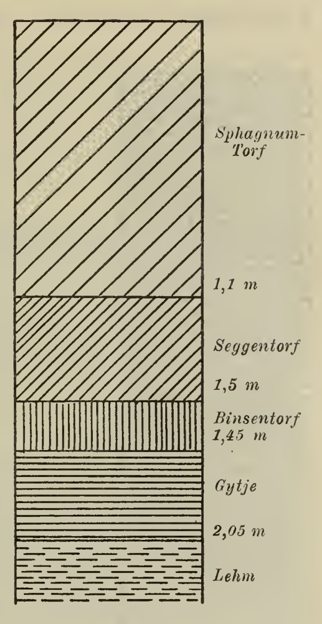


Fig. 4.
Die Schichtenfolge im Holtanmoor (Jarlsberg).

Erica tetralix, sowie die ersten Bäume, Kiefer (*Pinus silvestris*), Fichte (*Picea excelsa*) und Birke (*Betula alba*, s. l.). Die ersten Bäume sind klein und verkrüppelt; sie haben kurze Nadeln und schmale Jahresringe. Nach und nach nimmt die Feuchtigkeit weiter ab, die Torfbildung hört auf, die Bäume und Heidesträucher werden zahlreicher und üppiger und die Vegetation entwickelt sich in Nadelwald oder Heide.

Eine Entwicklung, die mit der oben beschriebenen ziemlich genau übereinstimmt, ist früher von mehreren Autoren geschildert worden (R. Hult, E. Warming, G. Andersson, Alb. Nilsson u. a.). In verschiedenen Teilen des Landes habe ich zahlreiche ausgeprägte Beispiele einer so verlaufenden Entwicklung beobachtet. Nicht immer ist jedoch die Entwicklungsreihe so vollständig wie hier geschildert. Oft fehlen im ganzen Moorbecken oder in Teilen davon eines oder mehrere Glieder der Reihe. So fehlt in einzelnen Mooren die Seggentorfschicht, und Sphagnumtorf folgt dann unmittelbar über der Binsentorf- bezw. Schilftorfschicht, die in diesem Fall meistens stark moorschlammhaltig ist. In einigen Mooren habe ich eine Schicht von Moorschlamm oder Erlenschlamm zwischen dem Binsentorf und dem darüber liegenden Seggentorf angetroffen.

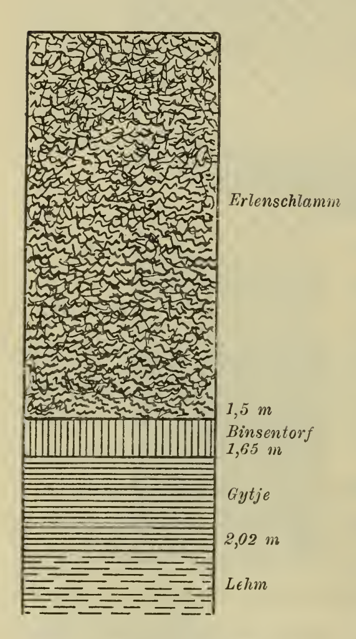


Fig. 5.
Die Schichtenfolge im Gjervaagmoor (Jarlsberg).

Besonders in kleineren Becken, die von üppiger Waldvegetation umgeben sind, sowie in ruhigen Buchten größerer Seen kann der Humussäuregehalt des Wassers schon früh so stark werden, daß größere Mengen von Moorschlamm in dem offenen Wasser abgesetzt werden. Vorzüglich scheinen laut G. Andersson Eichenwald und Fichtenwald eine reichliche Bildung von Moorschlamm zu fördern. In der Schichtenfolge jener Moore, die durch Verwachsen solcher Seen gebildet sind, nimmt der Moorschlamm gern einen hervorragenden Platz ein; in den meisten Fällen folgt er unmittelbar über der Gytjeschicht. Selten fehlt die Gytje vollständig, und die Moorschlammschicht liegt dann direkt auf dem Boden des Beckens. — Rings um die braunen Moorteiche, in denen der Moorschlamm gebildet wird, reicht das Torfmoos ganz bis zum offenen Wasser; sowohl die Sumpfrohr- wie die Seggenformation fehlen in den meisten Fällen vollständig. Der einseitig vorwachsende Moosrand streckt sich über die Wasserfläche hinaus und bildet einen zusammenhängenden, schwankenden Teppich. Oft werden vom Wind und Wellenschlag Teile davon losgerissen und treiben in Form kleiner »schwimmender Inseln« frei umher. Der nähere

Verlauf dabei ist von R. Hult beschrieben worden. — In Mooren, die durch Verwachsen solcher Seen gebildet sind, folgt Sphagnumtorf über der Moorschlammschicht, häufig mit dieser durch Mischformen verbunden.

b. Bei zunehmender Feuchtigkeit gebildete Moore. Versumpfung.

Wie schon von A. Blytt nachgewiesen, ruhen viele unserer Moore auf altem Waldboden. Wo einst Wald auf festem Boden gewachsen war, sind heute nasse Moore (Fig. 6). Dies muß notwendigerweise auf einer Versumpfung beruhen, das heißt, das Niveau des Grundwassers muß in irgend einer Weise über die ursprüngliche Höhe gehoben sein.



Fig. 6.
Abgedeckte Schicht von Kieferstrünken. Hellemyr auf Lister.

Es ist bekannt, daß schon eine ganz unbedeutende Hebung des Grundwassers, z. B. wenige Centimeter, genügt, um eine durchgreifende Umgestaltung der Vegetation hervorzurufen. Der bestehende Pflanzenwuchs geht zu Grunde und wird von einem weniger xerophilen ersetzt. In höherem Grade als die meisten anderen Bäume ist die Kiefer gegen Feuchtigkeitsänderungen empfindlich.

Mehrere Ursachen zu einer solchen Versumpfung sind a priori denkbar. Blytt suchte den Grund in periodischen Änderungen der Niederschlagsverhältnisse (vergl. unten!); es ist jedoch ganz sicher, daß auch lokal wirkende Ursachen zu demselben Ergebnis führen können, was durch einige Beispiele näher beleuchtet werden soll.

In den schwedischen Provinzen Dalarne und Norrland haben A. N. Lundström, R. Tolf und Alb. Nilsson ausgedehnte Versumpfungen von Nadelwald beobachtet, die durch den Wuchs der Sphagnumarten hervorgerufen sind. »Diese Moose haben ein großes Vermögen, sich über verschiedenartigem Terrain auszubreiten und den Abfluß des Wassers selbst dort zu verhindern, wo man wegen der Neigung der Erdoberfläche annehmen möchte, daß eine Versumpfung nicht möglich sei« (Lundström). Ganz entsprechende Verhältnisse habe ich an vielen Stellen in Norwegen, besonders im östlichen Teile, beobachtet. — *Polytrichum commune* kann in ähnlicher Weise wirken, z. B. in Smaalenene an der Ostseite des Kristianiafjords, scheint aber von geringerer Bedeutung zu sein. — Die unaufhörlichen Störungen der losen Erdschicht durch Erosion müssen notwendigerweise oft verursachen, daß das Grundwasser in einem Becken steigt. Häufig ist der Abfluß so gelegen, daß schon eine ganz unbedeutende Verschiebung von den Seiten her viel Wasser aufstauen muß. Ein umgestürzter Baumstamm oder eine Anhäufung von anderem Waldabfall, der den Ablauf sperrt, muß dieselbe Wirkung hervorrufen. Die hier erwähnten Ursachen zur Versumpfung sind in dem größten Teile des Landes fast überall vorhanden. Unter denjenigen, deren Bedeutung auf bestimmte Distrikte beschränkt ist, soll hier nur an die marinen Strandwälle der postglazialen Landsenkung und die Dämme des Biebers, wodurch kleinere Bäche in Seen von nicht unbedeutender Größe verwandelt werden, sowie an den störenden Einfluß des Menschen auf die Feuchtigkeitsverhältnisse der Torfmoore und Wälder erinnert werden.

Diejenigen Torfmoore, die in irgend einer Weise durch Versumpfung gebildet worden sind, haben alle das gemein, daß Pflanzenreste, die in tieferen Schichten angetroffen werden, immer von größerer Feuchtigkeit zeugen als jene, die in höheren Schichten gefunden werden. In den überwiegend meisten Fällen bestehen diese Moore aus Sphagnumtorf, aber ähnliche Moore aus Seggentorf kommen zugleich vor. Wenn der Torf so hoch gewachsen ist, daß er nicht mehr die Feuchtigkeit zu heben vermag, nimmt die Torfbildung ab, die Oberfläche wird trocken, und Heidesträucher und Wald breiten sich wieder aus.

Torfmoore, die in dieser Weise gebildet sind, sind im südlichen Norwegen sehr verbreitet; oft erreichen sie eine bedeutende Größe.

c. Bei abwechselnd zunehmender und abnehmender Feuchtigkeit gebildete Torfmoore. Strunkschichten.

Bei seinen klassischen Untersuchungen über die dänischen »Waldmoore« fand Jap. Steenstrup Baumstrünke in mehreren Schichten. Dieselbe Beobachtung wurde 1854 von F. C. Schübeler in Norwegen, und zwar auf Jäderen und Karmöen, gemacht; die Strunkschichten waren laut seiner Beschreibung durch bis drei Fuß mächtige Torfschichten von einander getrennt, und er folgerte daraus, daß die Oberfläche der Moore im Laufe der Zeit

abwechselnd waldlos und von Wald bekleidet gewesen war. — Ungefähr 20 Jahre später wurde das Vorkommen dieser Moore durch die umfassenden Forschungen Axel Blytts näher studiert (1875 und in späteren Arbeiten). Er fand, daß aufrecht stehende Baumstrünke, von Stämmen, Zweigen und anderem Waldabfall begleitet, mehr oder weniger deutlich durch zwischenliegende Torfschichten von einander getrennt, in zahlreichen norwegischen Torfmooren schichtenweise vorkommen. Er untersuchte eine große Anzahl Moore sowohl im westlichen als östlichen Norwegen, und glaubte daraus eine gesetzmäßige Beziehung zwischen der Höhe der Moore über dem Meere und der Anzahl der Schichten zu finden. Er stellt das folgende Schema auf:

Moore von	0— 30	Fuß ü. M.	enthalten	1	Torfschicht und	0	Strunkschicht
» »	30— 50	» » »	»	1	» »	1	»
» »	50—150	» » »	»	2	» »	1	»
» »	150—350	» » »	»	2	» »	2	»
» mehr als	350	» » »	»	3	» »	2	»
»	»noch höher«	» »	»	4	» »	3	»

Da das Meer, räsonniert er ferner, am Ende der Eiszeit 600 Fuß höher als gegenwärtig lag, und seitdem nach und nach langsam zurückgegangen ist, muß das Alter der Moore gleichförmig mit der Höhe über dem Meer zunehmen. Hierdurch wurde er zu dem Schluß geführt, daß die Strunkschichten der verschiedenen Moore gleichzeitig, und daß die wechselnden Schichten von Torf und Strünken während derjenigen wechselnden feuchten und trockenen Perioden gebildet waren, zu deren Annahme er durch seine Forschungen über die gegenwärtige Verbreitung der norwegischen Gefäßpflanzen gekommen war. — Wie bekannt hat diese Theorie Blytts eine ausführliche Diskussion veranlaßt, in der verschiedene Forscher Stellung dafür und dagegen genommen haben.

Die wechselnden Schichten von Torf und Strünken beweisen zweifelsohne mit voller Gewißheit, daß die betreffenden Moore zeitweise waldbedeckt, zu anderen Zeiten waldlos gewesen sind. Und es muß angenommen werden, daß dies wenigstens hauptsächlich auf Änderungen in der Feuchtigkeit der Mooroberfläche zurückzuführen ist. Es gilt dann zu entscheiden, ob es notwendig sei, periodische Schwankungen in den Niederschlagsverhältnissen anzunehmen, oder ob nicht dieselbe Wechsellagerung durch immer vorhandene, lokale Ursachen sich ebenso gut erklären läßt.

Zwar darf es als festgestellt betrachtet werden, daß die meisten Strunkschichten gewöhnlich in Mooren an und oberhalb der marinen Grenze vorkommen. Aber daß eine so strenge Regelmäßigkeit, wie Blytt angibt und seine Theorie notwendig fordert, vorhanden sei, kann nicht eingeräumt werden. Wie Gunnar Andersson hervorgehoben hat, zeigen Blytts eigene Beobachtungen, daß neben denjenigen Mooren, die die von der Theorie geforderte Anzahl enthalten, es deren viele gibt, wo die Anzahl nicht paßt.

Obwohl gegen die Richtigkeit von Anderssons Deutung einzelner der von Blytt in stark zusammengedrängter Form mitgeteilten Beobachtungen Zweifel aufgeworfen werden mögen, wird dadurch sein Ergebnis nicht wesentlich geändert. Es ist übrigens an und für sich kein Beweis für die Richtigkeit der Theorie, daß die Anzahl der Strunkschichten bis zu einem gewissen Grad mit der Höhe über dem Meer zunimmt. Je höher ein Moor liegt, um so älter wird es ja gewöhnlich sein, und um so größere Gelegenheit werden auch lokale Ursachen dazu gehabt haben ihre Wirkung auszuüben.

Es ist nicht immer leicht, die Anzahl der Strunkschichten in einem Moor zu bestimmen. Zwar gibt es viele Moore mit stark hervortretenden,

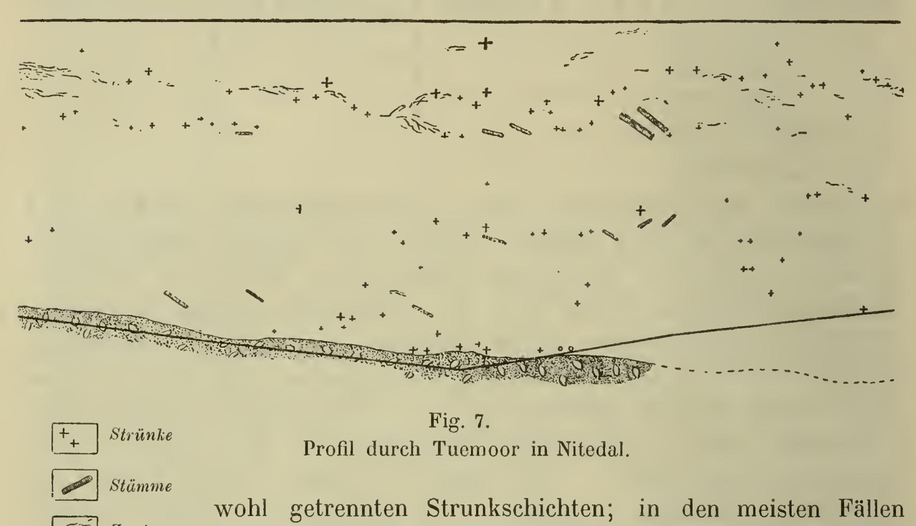


Fig. 7.
Profil durch Tuemoor in Nitedal.

wohl getrennten Strunkschichten; in den meisten Fällen stehen aber die Strünke ziemlich unregelmäßig im Torfe. Durch die Anlegung der neuen Eisenbahn Kristiania — Gjövik wurden sehr schöne Profile durch zwei Moore mit wechselnden Schichten von Torf und Strünken entblößt. In diesen beiden Profilen habe ich die Stellung der Strünke genau gemessen und auf Zeichnungen angemerkt (Fig. 7). Wenn man hier wie bei Blytts Untersuchungen nur durch Bohrung die Anzahl der Schichten bestimmen würde, würde das Ergebnis ganz von einer subjektiven Schätzung abhängen.

Ehe eine gründliche paläontologische Detailuntersuchung einer Anzahl Moore mit wohl getrennten Schichten durchgeführt worden ist, kann man nicht die Gleichzeitigkeit der Strunkschichten in den verschiedenen Mooren feststellen. Und eine solche Untersuchung ist noch nicht einmal versucht worden.

Aus direkter Beobachtung kennt man mehrere nicht klimatische Ursachen, die zum Teil in großer Ausdehnung Versumpfung von trockener Erdoberfläche bewirken. Alle diese müssen ebenso gut in einem Becken

wirken können, wo schon früher Moor gebildet ist. Und wenn die Mooroberfläche waldbewachsen ist, muß durch die Versumpfung eine Strunkschicht entstehen. — E. RYAN hat eine Beobachtung gemacht, die vielleicht in einigen Fällen das Vorkommen der Strunkschichten erklären kann. Durch Zusammensinken der unteren, weichen Moorschichten wurde die Oberfläche unter das Niveau des Grundwassers gesenkt, wodurch die Bäume getötet und der Wuchs des Torfes beschleunigt wurde. In der Umgegend der Stadt Fredriksstad hat er zu wiederholten Malen Kiefern gesehen, die in schalenförmigen Vertiefungen in den Mooren stehen, mit Wasser hoch über der Wurzelpartie.

Die Frage über die Ursachen zu der Entstehung der Strunkschichten kann noch nicht als endlich gelöst betrachtet werden. Was bisher über ihr Vorkommen in den norwegischen Torfmooren bekannt ist, berechtigt nicht zur Annahme von periodischen Schwankungen in der Feuchtigkeit des Klimas. Gleichzeitig zeigen die Beobachtungen, daß Strunkschichten sehr gut aus lokalen Ursachen entstehen können. Es kann jedoch kaum als ausgeschlossen betrachtet werden, daß Klimaschwankungen etwas zu ihrer Bildung beigetragen haben.

5. Über die in den norwegischen Quartärablagerungen aufbewahrten Pflanzenreste.

Es würde zu viel Platz erfordern hier Detailbeschreibungen der einzelnen Torfmoore mitzuteilen. Anstatt dessen muß auf den speziellen Teil meiner norwegischen Abhandlung verwiesen werden, wo eine Auswahl der am meisten instruktiven Moore ausführlich beschrieben ist, und wo Verzeichnisse der in jeder einzelnen Moorschicht gefundenen Fossilien abgedruckt sind. Im folgenden soll eine kurz gefaßte Übersicht der bis jetzt in unseren Mooren gefundenen Pflanzenreste mitgeteilt werden. Der Vollständigkeit halber sind zugleich die von früheren Forschern in den Mooren und übrigen Quartärablagerungen Norwegens fossil nachgewiesenen Arten mit aufgeführt. Es darf mit gutem Grund erwartet werden, daß durch fortgesetzte Untersuchungen das Verzeichnis nicht unbedeutend erweitert werden wird.

a. Fungi.

Nicht selten sind die fossilen Birkenblätter sowie Halme und Blattscheiden von *Phragmites* von schmarotzenden Pilzen angegriffen; eine Artbestimmung ist jedoch noch nicht gelungen.

Plasmodiophora Alni (Woron.) H. Möller. Dieser auf den Wurzeln der Schwarzerle schmarotzende niedrige Pilz ist im südlichen Norwegen sowohl in fossilem als rezentem Zustande sehr allgemein.

Cenococcum geophilum Fr. gehört zu den häufigsten Fossilien der Moore und ist besonders im Erlenschlamm oft sehr zahlreich.

Polyporus igniarius (L.) Fr. Ein Fruchtkörper wurde in Seggentorf bei Skaseim auf Jäderen gefunden (Eichenzone).

Peltigera canina (L.) Th. Fr. Abdrücke vom Thallus spärlich im Kalktuff bei Leine in Gudbrandsdalen. Kieferzone (A. Blytt).

b. Algae.

Die Kieselpanzer der Diatomeen, in marinen Ablagerungen zugleich diejenigen der Silicoflagellaten, kommen in zahlreichen Proben, fast immer in gut erhaltenem Zustande, vor. In Gytje und anderen in Süßwasser abgesetzten Erdarten findet man zugleich oft Schalen von Desmidieen und anderen Chlorophyceen; nur ein kleiner Teil der Arten ist aber bisher von speziellen Algologen bestimmt worden. Hier lasse ich nur ein bloßes Verzeichnis der gefundenen Arten folgen; in der norwegischen Abhandlung werden Notizen über das Vorkommen jeder einzelnen Art als fossil und lebendig mitgeteilt.

Silicoflagellatae: *Dictyocha fibula* Ehrenb., *Distephanus speculum* (Ehrenb.) Haeckel.

Peridiniales: *Gymnaster pentasterias* (Ehrenb.) Schütt.

Bacillariales: Ca. 150 Arten.

Phaeophyceae: Schlecht erhaltene Reste von großen Tangen, wahrscheinlich zu den Gattungen *Fucus*, *Ascophyllum* und *Laminaria* gehörend, sind in marinen Ablagerungen gefunden.

Chlorophyceae: *Docidium Baculum* Bréb., *Cosmarium Meneghinii* Bréb., *C. Botrytis* Menegh., *C. ochthodes* Nordst., *C. granatum* Ralfs., *C. Turpinii* Bréb., *Xanthidium fasciculatum* Ehrenb., *Euastrum ansatum* Ehrenb., *E. pectinatum* Bréb., *E. oblongum* (Grev.) Ralfs., *E. binale* Ralfs., *Staurastrum paradoxum* Meyen., *S. proboscideum* (Bréb.) Arch. *β altum* Boldt, *Botryococcus Braunii* Kütz., *Pediastrum Boryanum* (Turp.) Menegh., var. *granulata* (Kütz.) A. Br. — In vielen Mooren sind Reste von Characeen gefunden, die noch nicht näher bestimmt sind.

Rhodophyceae: Fossile Reste von Lithothamnien sind an der Küste des nördlichen Norwegens häufig über dem gegenwärtigen Meeresniveau gefunden. Wahrscheinlich sind dadurch mehrere Arten repräsentiert; bisher hat aber, wegen des schlechten Erhaltungszustandes, M. Foslie, der Monograph der Gattung, nur die weitverbreiterte *L. fruticulosum* (Kütz.) Fosl. bestimmen können.

c. Muscineae.

Nur die folgenden Arten können zur Zeit als fossil angegeben werden; die Bestimmung ist in den meisten Fällen von E. Ryan ausgeführt.

Sphagnum cymbifolium (Ehrh.) Hedw., *S. medium* Limpr., *S. teres* (Schimp.) Ångstr., *S. squarrosum* Crome., *S. fuscum* (Schimp.) Klinggr., *S. tenellum* Bridel., *S. recurvum* Palisot de Beauvois., *S. laxifolium*

C. Müller, *Mnium punctatum* (L.) Hedw., *Webera nutans* (Schreb.) Hedw., *Polytrichum strictum* Banks., *Amblystegium cordifolium* (Hedw.) De N., *A. giganteum* (Schimp.) De N., *A. Schreberi* (Willd.), *A. stramineum* (Dicks.) De N., *A. trifarium* (W. M.) De N., *A. falcatum* (Brid.), *A. uncinatum* Hedw., *Eurhynchium rusciforme* (Weis.) Br. et Sch., *Homalia trichomanoides* Br. et Sch.

d. Pteridophyta.

Aspidium Thelypteris Sw. In der Eichenzone sind größere und kleinere Fragmente von Blättern sowie zahlreiche lose Sporangien gefunden.

Equisetum limosum L. (coll.) Rhizome sind in allen Torfarten häufig sowohl im nördlichen als südlichen Norwegen. Bisher in der Kieferzone, Eichenzone, Fichtenzone und Heidezone.

E. hiemale L. Stengelglieder im Kalktuff bei Nedre Dal in Gudbrandsdalen zusammen mit Birkenresten (Blytt).

E. variegatum Schleich. Stengelglieder im unteren Teile des Birkentuffes bei Leine (Blytt).

Isoëtes lacustris (L.) Dur. Makrosporen sehr zahlreich in Gytje aus der Kieferzone bei Lönetjern in Wegarsheien, Nedenäs Amt.

e. Gymnospermae.

Juniperus communis L. Nadeln und Samen sowie Teile von Wurzeln und Stämmen sind in den Ablagerungen der Birkenzone und der jüngeren Zonen sowohl im nördlichen als südlichen Teile des Landes gefunden.

Pinus silvestris L. Unter den phanerogamen Fossilien unserer Moore nimmt die Kiefer sowohl durch ihre Größe als ihr massenhaftes Vorkommen unbedingt den ersten Platz ein. Fast alle ihre Teile sind in fossilem Zustande aufbewahrt: Wurzeln, Stämme, Zweige, Rinde, Zapfen, Samen und Pollen.

Die Kiefer liefert die wichtigsten Beiträge zu den Strunkschichten der Moore; die Strünke sind bisweilen so zahlreich, daß sie den Torf fast ausfüllen. Nicht selten erreichen sie eine bedeutende Größe; bei Braasteinvand auf Jäderen habe ich z. B. einen Kieferstrunk mit Stammdurchmesser 110 cm gesehen. Das Holz der Stämme und Strünke, die in den Torfmooren gelegen haben, ist häufig sehr wohl erhalten und wird in den Bergen und den waldlosen Gegenden der Westküste in großer Ausdehnung zu Brennholz und hölzernen Geräten verwendet. — Von fossilen Kiefernadeln liegt ein bedeutendes Material vor. Obwohl auch sehr lange Nadeln vorkommen, sind die meisten verhältnismäßig kurz, durchschnittlich 22 mm, was darauf deutet, daß sie Moorformen wie der auch jetzt häufigen var. *turfosa* Woerlein zugehören. — Unter den fossilen Zapfen findet man eine ähnliche Variabilität wie in den gegenwärtigen Kieferwäldern. Den Pollen der Kiefer habe ich in fast jedem mikroskopischen Präparat aus Erdarten,

die nach der Einwanderung dieses Baumes gebildet sind, oft in großer Menge beobachtet.

Als fossil ist die Kiefer durch ganz Norwegen sehr häufig, selbst in den jetzt baumlosen Küstendistrikten gegen das Meer von Lister, Jäderen und Karmöen (Schübeler) bis nach den nördlichsten Teilen des Landes. Während die Kiefer gegenwärtig im arktischen Norwegen so gut wie ausschließlich in den inneren Fjord- und Taldistrikten vorkommt, war sie früher gleichzeitig allgemein verbreitet weit draußen in den Scheeren, wenigstens in großen Teilen der Ämter Nordland und Tromsö sowie in Westfinmarken. In den Bergen findet man häufig Kiefernreste hoch über der jetzigen Kieferngrenze. J. Rekstad hat neulich diese Verhältnisse eingehend studiert und dadurch gefunden, daß die genannte Vegetationsgrenze im südlichen Norwegen nach der warmen Tapeszeit durchschnittlich 350—400 m gesunken ist[1]).

Picea excelsa Link. Im Gegensatz zu der Kiefer gehört die Fichte zu den seltensten Pflanzenfossilien unseres Landes. Die älteren Angaben über Funde von Fichtenresten in norwegischen Mooren sind entweder ganz unzuverlässig, oder sie gelten sekundär eingelagerten Stämmen.

Ganz dieselben Teile wie von der Kiefer sind in den Mooren erhalten; doch trifft man am häufigsten kleine Zweige, lose Nadeln und Zapfen. Aufrecht stehende Strünke scheinen sehr selten zu sein. Während die Überreste der Kiefer am zahlreichsten sind in Sphagnumtorf und Fettorf, findet man die meisten Fichtenreste in Moorschlamm, Gytje und zum Teil Lehm. Sowohl die Nadeln als die Zapfen variieren in meinem fossilen Material in ähnlicher Weise wie gegenwärtig (Fig. 8a u. b).



Fig. 8 a.
Fossile Fichtenzapfe aus einem Moor in Smaalenene.



Fig. 8 b.
Wie Fig. 8 a.

Fossil bildet die Fichte die jüngste pflanzen-

1) J. Rekstad, Skoggraensens og sneliniens större höide tidligere i det sydlige Norge. (Norg. geol. unders. Aarbog 1903. No. 5.)

paläontologische Zone in den Torfmooren Finnlands, Schwedens und des südöstlichen Norwegens. Mit Ausnahme einer einzigen Lokalität in Wärdalen am Trondhjemsfjord (R. Sernander) liegen die wenigen bekannten Fundorte in der südöstlichsten Ecke des Landes, an beiden Seiten des Kristianiafjords. In jedem einzelnen Fall sind Reste von Eiche oder anderen südlichen Laubhölzern in tieferen Schichten gefunden.

In den marinen Bodenschichten tiefliegender Moore (bis 10—12 m ü. M.) findet man an der nördlichen Küste Norwegens, von Lofoten und Westeraalen bis nach Ostfinmarken, häufig Stämme von Koniferen (vergl. die beigefügte Kartenskizze, Fig. 9). Die Stämme erreichen eine Länge von 8—10 m, und ihr Durchmesser beträgt bisweilen 0,6—1 m; sie sind oft von Bohrmuscheln mehr oder weniger durchlöchert (Fig. 10). Man kann daraus sehen, daß es alte Treibhölzer sind,



Fig. 9.
Fundorte von fossilem Treibholz an der Nordküste Norwegens.

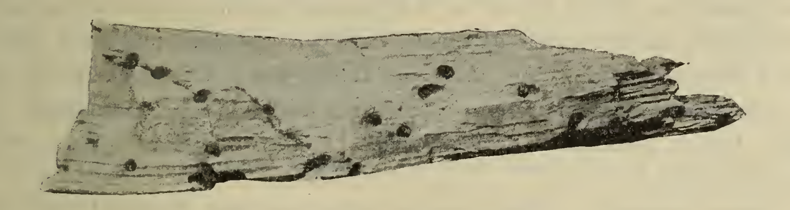


Fig. 10.
Fossiles, von Bohrmuscheln durchlöchertes Treibholz von Andö in Westeraalen Ungefähr 1/2 der nat. Größe.

aber ihre nähere Bestimmung stößt auf Schwierigkeiten. C. Lindman hat Proben davon von Risö in Tromsö-Amt untersucht und sie teils zu *Picea* und teils zu *Larix* gezogen. Zu je einer dieser Gattungen gehören auch die von mir untersuchten Hölzer; wie aber O. G. Petersen in seiner diagnostischen Holzanatomie hervorgehoben hat, lassen sich diese beiden Gattungen durch die anatomischen Charaktere des Holzes nur sehr unsicher trennen.

f. Angiospermae.

Sparganium ramosum Huds. (coll.). Fruchtsteine in der Eichenzone in einem Moor in Smaalenene.

S. cfr. *affine* Schnitzl. Fruchtsteine, die wahrscheinlich zu dieser Art gehören, habe ich häufig in Ablagerungen von verschiedenem Alter gefunden, nordwärts bis nach Risö in Tromsö Amt.

Zostera marina L. Der einzige sichere Fundort ist Aas an der Ostseite des Kristianiafjords, wo N. Wille in marinem Lehm zusammen mit *Ostraea edulis* ca. 40 m ü. M. zahlreiche Rhizome und Blätter gefunden hat.

Potamogeton natans L. Früchte von *Potamogeton*-Arten gehören zu den häufigsten Fossilien in Ablagerungen von Gytje und Lehm. Von *P. natans* sind zugleich wohl erhaltene Blätter oft beobachtet. Ich habe diese Art in der Birkenzone sowie sämtlichen jüngeren Zonen in allen untersuchten Landesteilen gefunden, von anderen Arten aber nur

P. praelongus Wulfen, aus der Eichenzone auf Lister, mit Gewißheit bestimmen können.

Ruppia maritima L. Die eigentümlich gestalteten Früchte sind im südlichen Norwegen in marinen Gytje- und Lehmablagerungen häufig und sind eins der zuverlässigsten Leitfossilien für diese. Der nördlichste Fundort ist Andöen in Westeraalen, der höchstliegende Hillestad in Jarlsberg (39 m ü. M.). Sowohl die Unterart *R.* spiralis* (L.) Dum. als *R.* rostellata* Koch sind nachgewiesen. In einem Falle habe ich einen gabelig gespaltenen Fruchtstiel mit zwei normal entwickelten Früchten gefunden (Norw. Abh. Taf. 2, Fig. 19).

Zannichellia polycarpa Nolte. Die Früchte sind in Svartemyr in Smaalenene und Bröndmyr auf Jäderen zusammen mit arktischen Pflanzenresten gefunden. Diese Art ist in den skandinavischen Quartärablagerungen hauptsächlich an zwei weit getrennte Perioden geknüpft, und zwar teils der älteren Ancyluszeit (d. h. der Zeit der Dryas- und Birkenvegetation) und teils der Kulminationszeit der postglazialen Senkung (G. Andersson). Die beiden bisher bekannten norwegischen Fundorte gehören zu der ersten dieser Perioden.

Najas marina L. Ganz wie in Schweden und Finnland war diese Art in der wärmsten postglazialen Zeit auch in Norwegen mehr verbreitet und ging bedeutend weiter nordwärts als gegenwärtig (Fig. 11). Sie tritt schon im jüngeren Teil der Kieferzone auf, aber die meisten Funde gehören der Eichenzone an. Während sie jetzt überhaupt sehr selten und nur in Brackwasser vorkommt, lebte sie früher zugleich in süßem Wasser.

N. flexilis (Willd.) R. et S. Diese lebend nur aus zwei Seen auf Jäderen bekannte Art war in der warmen postglazialen Zeit im südwestlichen Teil des Landes ziemlich verbreitet. An einer Küstenstrecke von mehr als 100 km ist sie fossil an 5 Fundorten gefunden, die innerhalb 3 verschiedener Flußsysteme liegen.

Scheuchzeria palustris L. Samen und Rhizome sind in der Kieferzone bei Kristiania und der Heidenzone auf Lister gefunden.

Alisma plantago L. Teilfrüchte kommen nicht selten in Lehm und Gytje vor, meistens jedoch ziemlich spärlich. Kieferzone, Eichenzone, Fichtenzone.

Phragmites communis Trin. Die Rhizome nehmen an der Torfbildung lebhaft teil. Fossil in der Birkenzone und allen jüngeren Zonen in zahlreichen Mooren, nordwärts bis Andöen in Westeraalen.

Carex ampullacea Good. Sehr gewöhnlich in den norwegischen Torfmooren, wo sie schon in der Zwergbirkenzone auftritt. Diese sowie mehrere

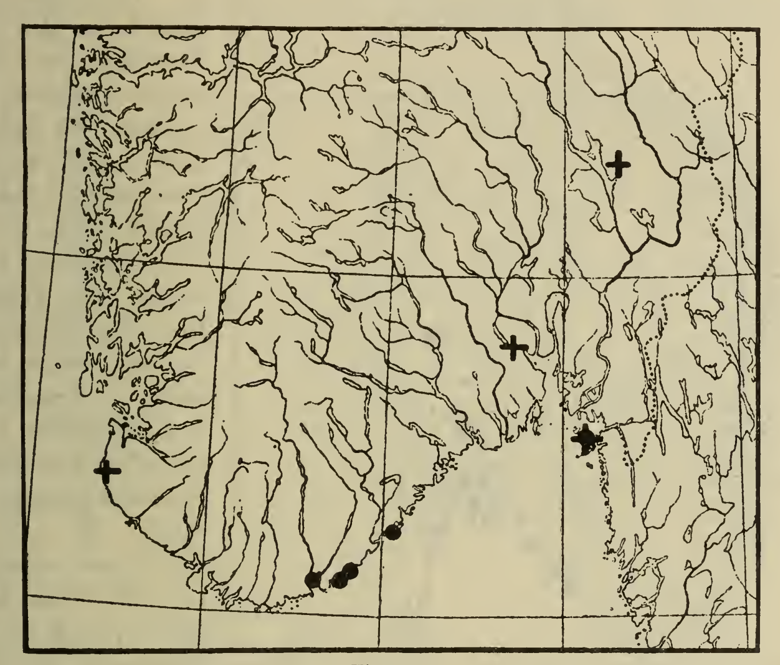


Fig. 11.
Die Verbreitung von *Najas marina* in Norwegen fossil (+) und lebendig (•).

andere, unten aufgezählte Arten wirken in bedeutendem Maße bei der Bildung des Torfes mit. Es sind hauptsächlich Rhizome und andere vegetative Teile, die die Hauptmasse des Torfs ausmachen; nur wo man zugleich Früchte mit Utriculus findet, wird in der Regel die Artbestimmung möglich sein.

C. vesicaria L. Bisher nur in der Eichenzone in Nedenäs Amt gefunden.

C. pseudocyperus L. Die leicht erkennbaren Früchte dieser Art, die gegenwärtig auf den südöstlichen Teil des Landes beschränkt ist, sind in zahlreichen Mooren gefunden; sie war früher sowohl in den südöstlichen

Distrikten als auch am Trondhjemsfjord verbreitet (Fig. 12). Tritt schon im jüngeren Teil der Kieferzone auf.

C. filiformis L. Ist in der Zwergbirkenzone und allen jüngeren Zonen in fast 50 Mooren gefunden.

C. stellulata Good. Bisher nur in der Eichenzone und den jüngeren Zonen gefunden, nordwärts bis nach Andöen in Westeraalen.

Cladium mariscus L. Lebt jetzt nur in der Nähe der Stadt Kristianssand, nicht weit von der Südspitze des Landes. War aber in der warmen Tapeszeit viel weiter gegen Norden verbreitet. Die Nüsse sind nämlich in den Ablagerungen jener Zeit in den östlichen Distrikten bis Hedemarken und an der Westküste bis Jäderen gefunden (Fig. 13).

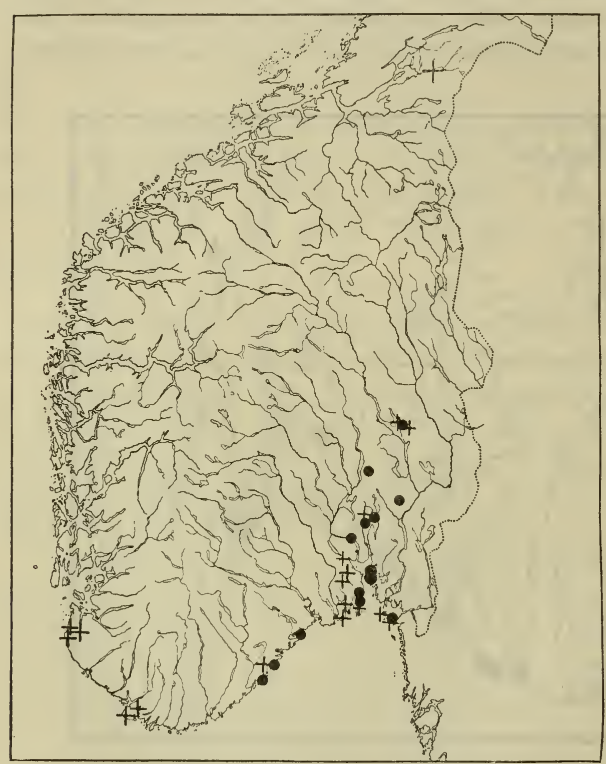


Fig. 12.
Die Verbreitung von *Carex pseudocyperus* in Norwegen fossil (+) und lebendig (•).

Eriophorum vaginatum L. Faserige Reste des vegetativen Systems werden sehr häufig in Sphagnumtorf angetroffen. Ist schon aus dem älteren Teil der Kieferzone bekannt.

Scirpus silvaticus L. Die Nüsse habe ich ein paar Mal in der Eichenzone am Kristianiafjord gefunden.

S. maritimus L. Ebenso.

S. lacustris L. Sowohl Rhizome als Nüsse werden häufig massenhaft in den Mooren aufbewahrt. Tritt im südlichen Teil des Landes schon in der Zwergbirkenzone und Birkenzone auf.

S. caespitosus L. Die Wurzeln sowie die faserigen Büsche der oberirdischen Sprosse sind in der Heidezone Jäderens nicht selten im Fettorf.

Heleocharis und *Rhynchospora.* Von diesen beiden Gattungen sind nicht näher bestimmte Nüsse zu wiederholten Malen gefunden.

Iris pseudacorus L. Die Samen sind in der Eichenzone des südlichen Norwegens an mehreren Orten gefunden.

Calla palustris L. Ich habe nur zweimal am Kristianiafjord in Moorschlamm und Erlenschlamm aus der Eichenzone die großen Samen beobachtet.

Myrica Gale L. Blätter und kleine Zweige sind nicht selten in Sphagnumtorf aus der Fichten- und Heidezone gefunden.

Populus tremula L. Am häufigsten werden die Kätzchenschuppen fossil aufbewahrt, aber auch Stämme sind ein paar Mal gefunden. In den Kalktuffen Gudbrandsdalens tritt die Zitterpappel bereits in der Birkenzone auf (Blytt).

Salix caprea L. Blätter im Birkentuff bei Leine und Dal (Blytt).

S. aurita L. Die Blätter sind in den Mooren häufig. Tritt im südlichen Norwegen in der Kieferzone auf.

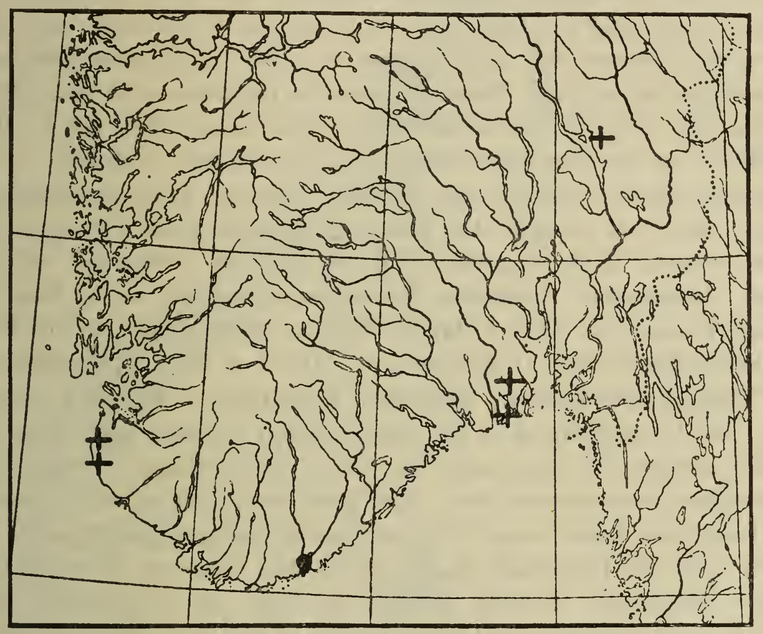


Fig. 13.
Die Verbreitung von *Cladium Mariscus* in Norwegen fossil (+) und lebendig (•).

S. cfr. *hastata* L. Blätter im Birkentuff bei Leine (Blytt).

S. arbuscula L. Blätter im älteren Teil der Kieferzone bei Leine zusammen mit Dryas (Blytt).

S. cfr. *nigricans* Sm. Im Birkentuff bei Dal fand Blytt Blätter, die wahrscheinlich zu dieser Art gehören.

S. glauca L. Im Birkentuff bei Leine (Blytt).

S. herbacea L. Sehr kleine Blätter einer *Salix*, die wegen des deutlich gezähnten Randes zu dieser Art gestellt werden müssen, wurden in der Bodenschicht eines Moores auf Jäderen in großer Menge gefunden.

S. reticulata L. Mit voller Gewißheit bisher nur im Kalktuff bei Leine zusammen mit Dryas und der Kiefer (Blytt).

Corylus avellana L. Funde von fossilen Nüssen, dem einzigen Teil der Hasel, den man bisher aus den norwegischen Mooren kennt, werden schon früh in der Literatur erwähnt. Wegen der wichtigen Ergebnisse, die von schwedischen Forschern durch vergleichende Studien über die gegenwärtige und frühere Verbreitung der Hasel in jenem Lande gewonnen sind, habe ich mich bestrebt, möglichst viele zuverlässige Erkundigungen über Funde fossiler Haselnüsse in den verschiedenen Teilen Norwegens einzuholen. Aus der Kartenskizze (Fig. 14) sind sowohl sämtliche zur Zeit bekannte Fossilfunde als auch die äußerste gegenwärtige Nordgrenze der Hasel in unserem Lande ersichtlich. Jedoch nicht mit dieser Grenzlinie muß man die durch die Fossilfunde angegebene frühere Verbreitung der Hasel vergleichen, wenn man beurteilen will, wie viel die Temperatur seit jener Periode abgenommen hat, als die Hasel zu ihren nördlichsten Standorten in Norwegen hervordrang. Denn die genannte Grenzlinie wird zum größten Teil von weit vorgeschobenen Reliktvorkommnissen gebildet, wo die Hasel — obschon an sonnenwarmen Abhängen gegen Süden wachsend — nur in den günstigsten Sommern reife Früchte trägt und kaum den Bestand zu erhalten, noch viel weniger aber sich über das umliegende Terrain zu verbreiten vermag. Zum Vergleich muß vielmehr die bedeutend südlicher liegende »klimatische« Nordgrenze herangezogen werden, wo die Hasel aufhört zur Konkurrenz mit den übrigen Bäumen und Sträuchern in den Wald- und Gebüschformationen tüchtig zu sein. Das hat auch G. Andersson in seiner kürzlich erschienenen, stattlichen Monographie »Hasseln i Sverige« getan. Die Beobachtungen in der Natur reichen indessen noch nicht aus, um die klimatische Nordgrenze der Hasel in Norwegen in einer Karte einigermaßen genau einzuzeichnen. Und diese Grenze hat zugleich in unserem stark koupierten Lande einen bedeutend unregelmäßiger gekrümmten Verlauf als nach der Darstellung Anderssons in dem flacheren Mittelschweden. Ich habe jedoch den Versuch gewagt, die Lage der klimatischen Nordgrenze in der südöstlichen Ecke des Landes in der Karte skizzenmäßig anzudeuten.

Sogar nicht unbedeutend außerhalb der aus der Karte ersichtlichen äußersten gegenwärtigen Nordgrenze sind mehrere Funde fossiler Haselnüsse bekannt. Und in dem breiten Gürtel zwischen den beiden Grenzen, sowohl in den weit ausgedehnten Nadelwäldern im östlichen Teil des Landes als auch an der waldlosen Westküste, ist die Hasel früher nach dem Zeugnis der zahlreichen Fossilfunde einmal allgemein verbreitet gewesen. Dies ist schon 1876 von A. Blytt hervorgehoben worden. Ganz wie in Schweden treten auch bei uns die ältesten Reste der Hasel im jüngeren Teil der Kieferzone auf.

Betula alba L. (s. l.) Wurzeln, Stämme, Holz, Rinde, Zweige, Blätter,


Die Verbreitung der Hasel in
Norwegen fossil und lebendig.
• Fossilfunde.
Äußerste gegenwärtige
Nordgrenze.
»Klimatische« Nordgrenze.

Fig. 14.

Kätzchen, Kätzchenschuppen und Früchte sind in den Mooren in großer Menge aufbewahrt. Wo ein gut erhaltenes Material von Blättern, Kätzchenschuppen und Früchten vorliegt, ist es möglich die beiden in Norwegen vorkommenden Unterarten *B. *verrucosa* Ehrb. und *B. *odorata* Bechst. zu unterscheiden. Das erste Auftreten der letztgenannten Unterart charakterisiert die sogenannte Birkenzone unserer Quartärablagerungen. *B. *verrucosa* ist dagegen in älteren Bildungen als der Kieferzone nicht gefunden.

B. nana L. Die Blätter und Kätzchenschuppen sind in der Zwergbirkenzone und Birkenzone sowohl im nördlichen als südlichen Norwegen gefunden. Zugleich die Kätzchenschuppen des Bastards *B. nana* × *B. alba *odorata* sind einmal beobachtet.

Alnus glutinosa (L.) Gaertn. Wurzeln, Strünke, Stämme, Rinde, Zweige, Blätter, Kätzchen und Früchte sind namentlich in Erlenschlamm sehr häufig und treten im späteren Teil der Kieferzone auf.

A. incana (L.) Willd. Dieselben Teile wie von der vorigen Art werden aufbewahrt. Ist ebenfalls nicht mit Gewißheit in älteren Ablagerungen als denjenigen der Kieferzone gefunden.

Quercus robur L. (s. l.). Von der Eiche enthalten die Moore Strünke, Stämme (Durchmesser bis 92 cm), Zweige, Blätter, Knospenschuppen sowie Nüsse mit und ohne Näpfchen. Kaum jemals sind die fossilen Reste so vollständig erhalten, daß man mit voller Gewißheit entscheiden vermag, welche der beiden nahe verwandten Arten *Q. pedunculata* Ehrh. und *Q. sessiliflora* Sm. vorliegt. Diese werden deshalb hier unter dem linnäischen Kollektivnamen *Q. robur* aufgeführt. Es liegen jedoch Gründe vor anzunehmen, daß erstere auch als fossil die überwiegend häufigere ist. Wie schon A. Blytt nachgewiesen hat, sind fossile Eichenreste im südlichen Norwegen weit verbreitet, selbst in den jetzt waldlosen Küstengegenden und in den großen, einförmigen Nadelwäldern im östlichen Teil des Landes.

Ulmus montana Sm. Fossile Strünke, Zweige und Früchte sind gefunden. Tritt in der Kieferzone auf.

Atriplex cfr. *litoralis* L. Samen, die wahrscheinlich zu dieser Art gehören, sind in marinem Sand aus der Eichenzone bei Skeie auf Jäderen gefunden.

Montia fontana L. Die Samen sind zu wiederholten Malen spärlich, bisher aber nur in verhältnismäßig jungen Ablagerungen gefunden.

Nymphaea alba L. (coll.). Rhizome und Samen sowie Fragmente von Blättern, sind in allen lacustrinen Ablagerungen sehr häufig. Tritt im südlichen Norwegen schon in der Zwergbirkenzone auf. Beide jetztlebenden Unterarten, *N. *alba* Presl und *N. *candida* Presl, liegen vor.

Nuphar luteum (L.) Sm. Auch von dieser Art sind sowohl Samen als Rhizome gefunden, obwohl bei weitem nicht so oft als von der vorigen Art. Tritt in der Kieferzone auf.

Ceratophyllum demersum L. Die fossilen Früchte sind an den langen

Stacheln leicht kennbar. Während diese Art im südlichen Norwegen gegenwärtig auf die Umgebungen des Kristianiafjords beschränkt ist, habe ich sie fossil auch auf Jäderen an der Südwestküste gefunden (Fig. 15).

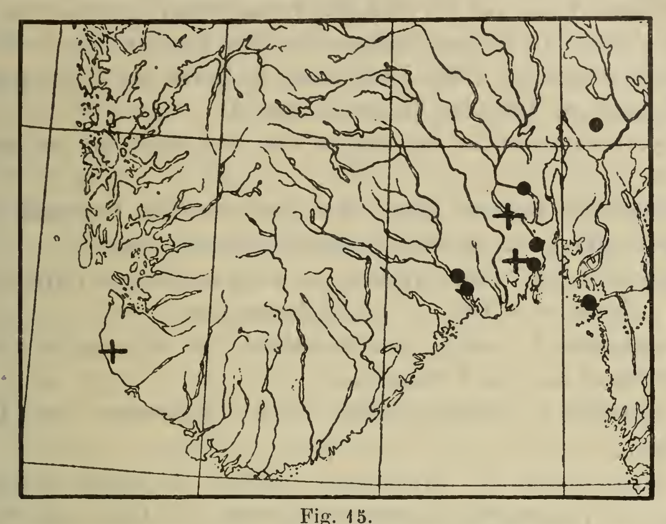


Fig. 15.
Die Verbreitung von *Ceratophyllum demersum* in Norwegen fossil (+) und lebendig (•).

Ranunculus repens L. Die Nüßchen sind einmal in der Eichenzone beobachtet.

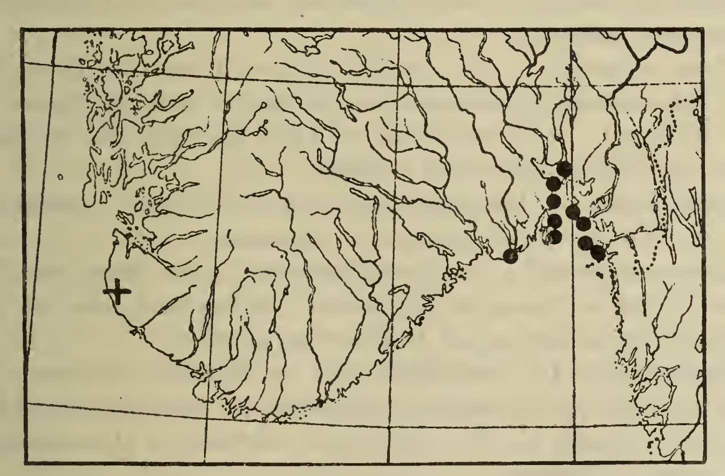


Fig. 16.
Die Verbreitung von *Crambe maritima* in Norwegeen fossil (+) und lebendig (•).

Batrachium. Die Nüßchen sind in allen lacustrinen Ablagerungen häufig, selbst in denjenigen der Zwergbirkenzone. Vielleicht liegt in letzterem Falle die arktische *B. *eradicatum* Laest. vor.

Thalictrum flavum L. Die längsfurchigen Teilfrüchte sind einmal in einer Ablagerung aus der Eichenzone gefunden.

Crambe maritima L. Das obere, kugelförmige Glied der Frucht habe ich in marinem Sand aus der Zeit der postglazialen Senkung auf Jäderen gefunden. Jetzt nur an dem äußeren Teil des Kristianiafjords (Fig. 16).

? *Ribes rubrum* L. Mit Zweifel hat A. Blytt ein Blattfragment aus dem Birkentuff bei Leine zu dieser Art gestellt.

Sorbus aucuparia L. Die Samen sind mehrmals in der Eichenzone beobachtet.

? *Cotoneaster vulgaris* Lindl. Ein Blatt aus dem Dryastuff bei Leine wird von A. Blytt mit Zweifel zu dieser Pflanze gezogen.

Rubus idaeus L. Die Fruchtsteine werden häufig in Gytje und Moorschlamm aufbewahrt. Tritt in der Kieferzone auf.

R. fruticosus L. (coll.). Ein Fruchtstein in Skjeberg in Smaalenene in Moorschlamm aus der Eichenzone.

R. saxatilis L. Sehr spärlich in der Birkenzone auf Langö in Westeraalen.

R. chamaemorus L. Fruchtsteine spärlich in jungem Sphagnumtorf auf Langö in Westeraalen zusammen mit Resten von Birke und Wacholder.

Comarum palustre L. Die Nüßchen sind sehr häufig in den verschiedensten Erdarten, sowohl im nördlichsten als südlichen Teile des Landes. Tritt bereits in der Zwergbirkenzone auf.

? *Sibbaldia procumbens* L. Nüßchen, deren Bestimmung er jedoch als zweifelhaft bezeichnet, hat G. Andersson in einem hochliegenden Moor am Sognefjord gefunden.

Dryas octopetala L. In dem Kalktuffe bei Leine tritt *Dryas* infolge Blytts Untersuchungen zusammen mit der Kiefer in einem Niveau höher als die Birke auf. G. Andersson hat in Lehm aus Wärdalen ein Blatt zusammen mit *Ulmus* und *Alnus* gefunden.

Geum rivale L. Die Früchtchen sind in Wärdalen zusammen mit *Ulmus* und *Corylus* fossil gefunden (G. Andersson).

Spiraea ulmaria L. Die Früchtchen sind in der Kiefer- und Eichenzone des südlichen Norwegens gewöhnlich. In Nordland habe ich sie an mehreren Orten zusammen mit Birkenresten gefunden.

Prunus padus L. Fruchtsteine sind im südlichen Norwegen in der Eichenzone, bei Bodö in Nordland zusammen mit Birkenresten gefunden.

Oxalis acetosella L. Die Samen sind auf Lister in Moorschlamm aus der Eichenzone gefunden.

Empetrum nigrum L. Stämme, Zweige, Blätter und namentlich Fruchtsteine werden sehr häufig in fossilem Zustand aufbewahrt, sowohl im nördlichen als südlichen Norwegen. Tritt in der Zwergbirkenzone auf.

Acer platanoides L. Früchte und Blätter sind aus der Eichenzone an der Südküste bekannt.

Rhamnus Frangula L. Fossile Fruchtsteine sind im südlichen Norwegen häufig. Tritt in der Kieferzone auf.

Tilia parvifolia Ehrh. Früchte sind an mehreren Orten in der Eichenzone des südlichen Norwegens gefunden.

Viola. Samen und Kapselklappen werden in den meisten Moorablagerungen häufig fossil gefunden; namentlich ist eine Art mit kleinen Samen sehr gewöhnlich. In den meisten Fällen liegt wahrscheinlicherweise *V. palustris* L. vor.

Myriophyllum spicatum L. Sowohl fossile Teilfrüchte als auch die schuppenförmigen Blätter der f. *squamosa* Laestad. sind mehrmals beobachtet und treten schon in der Zwergbirkenzone auf. Zusammen mit den typischen Teilfrüchten habe ich in der Eichenzone auf Jäderen solche der f. *muricata* Ahlfvengr. gefunden.

M. alterniflorum DC. Die Teilfrüchte sind zu wiederholten Malen gefunden. Sie treten in der Birkenzone auf.

Hippuris vulgaris L. Namentlich in Nordland, aber auch im südlichen Norwegen, werden die Fruchtsteine häufig fossil gefunden. Sie treten in der Birkenzone auf.

Cornus suecica L. Ein Fruchtstein wurde in der Birkenzone bei Wadsö in Ostfinmarken gefunden.

Cicuta virosa L. Man trifft die Teilfrüchte nicht selten in den Mooren des südlichen Norwegens von der Zwergbirkenzone ab.

Peucedanum palustre (L.) Moench. Die Teilfrüchte sind zu wiederholten Malen in der Eichenzone im südlichen Teil des Landes gefunden.

Andromeda polifolia L. Zweige, Blätter und Samen sind im Sphagnumtorf häufig.

? *Arctostaphylos uva ursi* (L.) Spreng. Blytt hat einen zweifelhaften Blattabdruck im Dryastuff bei Leine gefunden.

Vaccinium vitis idaea L. Blätter und Zweige werden in den Mooren aufbewahrt. Tritt sowohl im südlichen als auch im nördlichen Norwegen bereits in der Birkenzone auf.

V. uliginosum L. In dem Birkentuff bei Nedre Dal (Blytt). Wadsömyr in Ostfinmarken in der Birkenzone.

Oxycoccus palustris Pers. Blätter, Samen und lange, fadenförmige Stengel sind im Sphagnumtorf sehr häufig und treten in der Kieferzone auf. In allen Fällen, wo eine nähere Bestimmung möglich war, liegt *O. *microcarpus* Turcz. vor.

Calluna vulgaris L. Größere und kleinere Zweigstücke, mit wohlerhaltenen Blättern und zum Teil Kapseln sind in den Mooren auf Lister und Jäderen gewöhnlich und charakterisieren dort die jüngste pflanzenpaläontologische Zone.

Lysimachia thyrsiflora L. Die Samen sind in der Eichen- und Fichtenzone im südlichen Norwegen gefunden.

Fraxinus excelsior L. Strünke und Früchte sind mehrmals in der Eichenzone im südöstlichen Teil des Landes gefunden.

Menyanthes trifoliata L. Die Samen sind in fast allen untersuchten Mooren beobachtet, häufig in großer Menge. Tritt bereits in der Zwergbirkenzone auf.

Galeopsis cfr. *tetrahit* L. Teilfrüchte einer *Galeopsis*-Art, aller Wahrscheinlichkeit nach *G. tetrahit*, sind im südlichen Norwegen zweimal in der Eichenzone, in Westeralen in einer marinen Ablagerung 3 m ü. M., gefunden.

Stachys silvatica L. Teilfrüchte sind einmal in der Eichenzone in Jarlsberg und in einer Ablagerung von unsicherem Alter in Wärdalen beim Trondhjemsfjord gefunden.

Lycopus europaeus L. Die Teilfrüchte sind im südlichen Norwegen in den Ablagerungen der Kiefer- und Eichenzone ziemlich gewöhnlich.

Solanum dulcamara L. Die Samen sind im südöstlichen Norwegen dreimal in der Kiefer- und Eichenzone gefunden.

Linnaea borealis L. Blytt hat ein Blatt im Kiefertuff bei Nedre Dal gefunden.

Bidens cernua L. Ich fand die Früchte in Menge in einem Moor in Skjeberg in Smaalenene (Eichenzone).

B. tripartita L. In Menge zusammen mit der vorigen Art.

6. Die Beiträge der Moore zur Geschichte der norwegischen Pflanzenwelt.

Das im vorigen Abschnitt mitgeteilte Verzeichnis umfaßt 90 sicher bestimmte Arten von Phanerogamen und Gefäßkryptogamen. Darunter sind 35 Bäume und Sträucher (incl. niedrigwuchsige Heidesträucher und Halbsträucher) und 55 Kräuter. Von diesen sind 13 Wasserpflanzen (11 in süßem und brackischem und 2 in salzigem Wasser) und ca. 35 Sumpfpflanzen; 2 Arten leben am Meeresstrande und 5 in Wald und Wiese. Zum Vergleich mag angeführt werden, daß unsere gegenwärtige Flora bei einer weiten Fassung des Artbegriffes aus etwas über 1000 spontan eingewanderten Arten besteht. Kaum 9 % von diesen Arten sind bisher fossil gefunden. Es geht daraus hervor, daß die Torfmoore nur von den Wäldern und den Wasser- und Sumpfpflanzenvereinen der Vorzeit einigermaßen ausführliche Auskunft zu geben vermögen.

a. Die Zwergbirkenzone.

Im Jahre 1870 entdeckte A. G. Nathorst in Schonen unmittelbar über den Ablagerungen der Eiszeit die ersten fossilen Reste einer arktischen Flora, und später haben sowohl er als auch mehrere andere Forscher ähnliche Funde an zahlreichen Orten in Schweden, Dänemark, Finnland, Deutschland usw. gemacht. In dem Tieflande des südlichsten Norwegen, auf Lister und Jäderen, habe ich in den Bodenschichten zweier Moore fossile

Reste einer verwandten Vegetation gefunden. In Torvbakmyr in Wanse lagen die betreffenden Fossilien in und unmittelbar über Moränelehm, in Bröndmyr in Klep in Sand. Zwar fehlen in den bisher untersuchten Proben die sonst am meisten charakteristischen Arten (*Dryas octopetala* und *Salix polaris*), aber an deren Stelle wurden Blätter von *Betula nana* und *Salix herbacea* in großer Menge herausgeschlemmt. Die Blätter zeichneten sich durchgängig durch ihre Kleinheit aus (sie waren bei der ersten Art höchstens 6, bei der letzten 7 mm lang), was entschieden auf ein arktisches Klima hindeutet. Zusammen mit den genannten Zwergsträuchern lebte *Empetrum nigrum* und von Sumpf- und Wasserpflanzen: *Potamogeton natans, Zannichellia polycarpa, Carex ampullacea, C. filiformis, Scirpus lacustris, Nymphaea alba, Batrachium* sp., *Comarum palustre, Myriophyllum spicatum, Cicuta virosa* und *Menyanthes trifoliata*. Auffallend ist, wie wenig sich im Laufe der Zeit die Wasservegetation Skandinaviens verändert hat (vergl. G. Andersson).

b. Die Birkenzone.

*Betula *odorata* bildet gewöhnlich die Baumgrenze auf den Bergen Norwegens, und dieser Baum scheint auch unsere ersten Wälder gebildet zu haben.

Verhältnismäßig kurz nach dem Maximum der spätglazialen Landessenkung trat die Birke wahrscheinlicherweise im südöstlichen Norwegen zum erstenmal auf. In Rakkestad in Smaalenene habe ich Birkenreste in marinem Lehm ca. 145 und auf Vegarsheien in Nedenäs ca. 72 m über dem Meere gefunden, bei resp. ca. 83 und 70 % von der marinen Grenze. Die Vegetation hatte in jener Periode einen ausgeprägt nördlichen Charakter. Die Zwergbirke hielt ihren Platz wenigstens eine Zeitlang; wo sie *B. *odorata* begegnete, entstanden ganz wie in den gegenwärtigen subalpinen Birkenwäldern hybride Zwischenformen. Ungefähr gleichzeitig mit der Birke wanderten mehrere Bäume und Sträucher ein, deren Blätter teils in den Kalktuffen Gudbrandsdalen (Blytt), teils in den Torfmoorablagerungen aus jener Zeit aufbewahrt sind: *Populus tremula, Salix caprea, S. glauca, Prunus padus, Juniperus communis, Vaccinium vitis idaea, V. uliginosum.* Die Wasservegetation behielt im wesentlichen dieselbe Zusammensetzung wie früher; namentlich spielten *Potamogeton natans* und *Nymphaea alba* eine hervorragende Rolle. Von neuen Arten begegnet man *Equisetum hiemale, Phragmites communis* und *Hippuris vulgaris.* — Wie man aus den hier mitgeteilten Verzeichnissen sehen wird, zeigt die Birkenzone des südlichen Norwegens mit der von G. Andersson und anderen Forschern beschriebenen schwedischen große Übereinstimmung. Die Arten sind meistens dieselben. Ganz wie die gleichzeitigen Muschelbänke des Kristianiafeldes, die Myabänke in Smaalenene, zeugen sie von einem rauhen und kalten, aber doch nicht mehr rein arktischen Klima, ungefähr wie das gegenwärtige an der Küste von Finmarken.

c. Die Kieferzone.

Nach und nach wurde das Klima milder, und immer mehr südliche Arten wanderten ein. Bald trat die Kiefer auf, unser ältester waldbildender Nadelbaum. Durch lange Zeiten bildete sie den Grundbestand der norwegischen Wälder. Zusammen mit der Kiefer wanderte eine große Anzahl von unseren gewöhnlichsten und am meisten verbreiteten Pflanzen ein, darunter mehrere wichtige Bäume und Sträucher: *Betula *verrucosa, Alnus incana, A. glutinosa, Corylus avellana, Ulmus montana* und *Rhamnus frangula.* Von niedrigen Sträuchern und heidenartigen Pflanzen traten mehrere zu dieser Zeit zum erstenmal im südlichen Norwegen auf: *Rubus idaeus, Linnaea borealis, Solanum dulcamara, Oxycoccus *microcarpus. Andromeda polifolia.* Von neuen Sumpf- und Wasserpflanzen mögen erwähnt werden: *Isoëtes lacustris, Nuphar luteum, Alisma plantago, Spiraea ulmaria, Scheuchzeria palustris* und etwas später: *Najas marina, Carex pseudocyperus, Cladium mariscus* und *Lycopus europaeus.* — Wie schon erwähnt, repräsentiert die Kieferzone einen sehr langen Abschnitt der quartären Geschichte Norwegens. Im Laufe jener Periode änderte sich allmählich das Aussehen der Vegetation. Während in den ältesten kieferführenden Ablagerungen, wie Blytt's »Dryastuff« bei Leine in Gudbrandsdalen, *Dryas octopetala, Salix reticulata* und *S. arbuscula* zusammen mit der Kiefer vorkommen, enthalten die jüngeren Ablagerungen zahlreiche Überreste von Schwarzerle, Ulme und Hasel sowie Wasser- und Sumpfpflanzen wie *Najas marina, Carex pseudocyperus* und *Cladium mariscus.*

d. Die Eichenzone.

Die Klimaverbesserung kulminierte ungefähr zu jener Zeit, da die postglaziale Landessenkung an der Südwestküste und in Westeraalen stattfand, und da das Meer am äußeren Kristianiafjord ca. 30—20 m höher als gegenwärtig lag. Obschon das erste Auftreten der Eiche bereits etwas früher stattgefunden hatte — bei Bakke Ziegelei in Jarlsberg sind spärliche Reste von diesem Baum 35 m ü. M. unter einer Schicht *Ostraea*-Lehm gefunden —, scheint sie jedoch erst zu diesem Zeitpunkt in den Wäldern des südöstlichen Norwegens einen hervortretenden Platz eingenommen zu haben. Ungefähr gleichzeitig wanderten *Fraxinus excelsior, Acer platanoides* und *Tilia parviflora* ein, die zusammen mit der Hasel und Eiche in der wärmsten Zeit in einem breiten Gürtel außerhalb ihres gegenwärtigen Gebietes allgemein verbreitet waren und zweifelsohne an vielen Stellen ausgedehnte Wälder bildeten. Von Waldpflanzen, die zuerst in den Ablagerungen der Eichenzone gefunden sind, nenne ich nur *Rubus fruticosus, Oxalis acetocella* und *Stachys silvatica.* In der Wasser- und Sumpfvegetation spielten *Aspidium thelypteris, Sparganium ramosum, Iris pseudacorus, Calla palustris, Ceratophyllum demersum* und *Najas flexilis* (auf Lister und

Jäderen) nebst den früher eingewanderten Arten *Carex pseudocyperus, Cladium mariscus* und *Lycopus europaeus* eine wichtige Rolle; die meisten dieser Arten gingen damals zugleich bedeutend weiter gegen Norden als gegenwärtig. Von Meeresstrandpflanzen und untergetauchten Salzwasserpflanzen sind die folgenden in fossilem Zustande gefunden worden: *Zostera marina, Ruppia maritima, Scirpus maritimus* und *Crambe maritima.*

Es liegen aus den letzten Jahren einige Schätzungen über das Sinken der Temperatur seit der wärmsten postglazialen Zeit vor. G. Andersson hat die frühere und gegenwärtige Verbreitung der Hasel in Schweden verglichen und ist dadurch zu dem Ergebnis gelangt, daß die Mitteltemperatur im August—September damals ca. 2,5° C. höher als jetzt war. Nach den umfassenden Forschungen W. C. Bröggers deuten die gleichzeitig gebildeten Tapesbänke am Kristianiafjord auf eine ungefähr 2° C. höhere jährliche Mitteltemperatur. Und aus der Senkung der Waldgrenze in den zentralen Gebirgen Norwegens hat J. Rekstad berechnet, daß die Jahrestemperatur in der wärmsten Zeit 1,9—2,2° C. höher als gegenwärtig war.

e. Die Fichtenzone.

Wie bekannt, ist es durch die Untersuchungen von A. T. Glöersen, A. G. Nathorst, R. Sernander und anderen festgestellt worden, daß die Fichte zuerst in spät postglazialer Zeit nach der skandinavischen Halbinsel von Osten her eingewandert ist. Während in Finnland G. Andersson sogar vereinzelte Fichtenreste im älteren Teil der Eichenzone gefunden hat, ist die Fichte in Schweden und Norwegen ausschließlich aus jüngeren Ablagerungen als die Eiche bekannt. In Schweden sind die meisten und ältesten Funde im nordöstlichen Teil des Landes gemacht, und sowohl das Alter als die Anzahl nimmt rasch gegen Süden nach Westen ab. In Norwegen ist die Fichte nur an wenigen Stellen am Kristiania- und Trondhjemsfjord fossil gefunden, wo sie die jüngste Zone der Moore bildet. In marinen Ablagerungen ist sie nicht höher als 2—3 m ü. M. gefunden. Sehr rasch hat sie sich über große Teile des südlichen Norwegens verbreitet, und in vielen Distrikten ist jetzt die Fichte der wichtigste Waldbaum. Alles deutet darauf hin, daß sie noch nicht in unserem Lande eine so weite Verbreitung erreicht hat, als es die Klimaverhältnisse ermöglichen. Durch den störenden Einfluß des Menschen ist ihre fortgesetzte Verbreitung in hohem Grade erschwert.

f. Die Heidezone.

Da die Fichte noch nicht die äußeren Teile der Westküste erreicht hat, kann hier selbstverständlich nicht von einer Fichtenzone im eigentlichen Sinne gesprochen werden. Im Laufe der letzten Jahrtausende hat indessen hier die Vegetation eine nicht weniger eingreifende Veränderung erlitten als in den inneren Tälern im östlichen Teil des Landes. Es ist

schon lange wohl bekannt gewesen, daß unsere ganze lange, gegenwärtig so gut wie baumlose Westküste, einmal von Wäldern bekleidet gewesen ist. Schon Peder Claussön (1599) folgerte dies aus der großen Menge von Strünken — von Kiefer und in südlicheren Gebieten zugleich Eiche —, die überall in den Mooren aufbewahrt sind. Wegen der spärlichen historischen Nachrichten ist es schwierig die Zeit für das Verschwinden des Waldes zu bestimmen; es ist aber wahrscheinlich, daß dieser in dem wärmsten Teil der postglazialen Zeit am weitesten verbreitet und am üppigsten entwickelt gewesen war.

Gleichzeitig damit, daß der Wald abnahm, verbreitete sich immer mehr das Heidekraut (*Calluna vulgaris*), so daß diese Art jetzt über große Strecken die wichtigste formationsbildende Pflanze ist. Obwohl zugleich in östlicheren Ländern vorkommend besitzt *Calluna* in Europa eine ausgeprägt westliche Verbreitung. In Dänemark lebte sie bereits in spätglazialer Zeit zusammen mit arktischen Pflanzen (N. Hartz), und im südwestlichsten Norwegen ist sie ebenfalls in Ablagerungen gefunden worden, die von den marinen Bildungen der postglazialen Senkung bedeckt sind. Während sie in dem genannten Teil des Landes häufig in den Mooren gefunden wird, ist aus dem östlichen Norwegen sowie ganz Schweden kein einziger, sicherer Fund von fossilem Heidekraut bekannt. Es liegt deshalb nahe, anzunehmen, daß diese Pflanze verhältnismäßig spät von Südwesten über das Meer nach Norwegen eingewandert ist. Daß *Calluna* wirklich über eine Meeresfläche von ähnlicher Breite als Skagerrak zwischen Jütland und der Südspitze Norwegens zu wandern vermag, geht aus einer direkten Beobachtung von E. Warming hervor. Dieser Forscher berichtet, daß in einem Fall (Februar 1881) Samen und Früchte von *Calluna* in großer Menge vom Winde über das Kattegat von Schweden nach Jütland, wenigstens 120 km, transportiert wurden.
